PC Games Hardware
SONDERHEFT

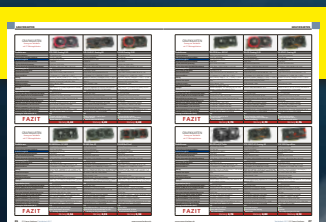
Erster Test: AMD RYZEN

Die beste PC-Hardware

Testjahrbuch 2017: 170 Produkte im Test

€ 5,99
Ausgabe 01/2017
Österreich € 6,80 | Schweiz sfr 12,- |
Holland/Belgien/Luxemburg € 7,-

4 195756 805996 01



Kaufberatung zu allen Komponenten

Grafikkarten ▮ Prozessoren ▮ SSDs ▮ Kühler
▮ Mainboards ▮ Speicher ▮ Mäuse ▮ Headsets
▮ Tastaturen ▮ Monitore ▮ Gehäuse ▮ Netzteile

SAMSUNG

Samsung SSD 960 PRO/EVO

Neue Horizonte entdecken

Erleben Sie geballte Performance im kompakten M.2-Formfaktor mit PCIe® Gen 3.0 x4 Schnittstelle und NVMe-Protokoll. Die SSD 960 Serie ist zuverlässig, bietet hohe Kapazitäten und wurde für High-End-PCs, Workstations und anspruchsvolle Anwendungen entwickelt. Erleben Sie die Leistung der nächsten Generation!

Bis zu 3.500 MB/s sequenzielle Lesegeschwindigkeit | Bis zu 2 TB Kapazität | Bis zu 1.200 TB TBW

www.samsung.de/SSD

Editorial

Kaufberatung und Bestenlisten: In diesem Sonderheft erfahren Sie alles, was Sie zum PC-Komponentenkauf wissen müssen.

Sie möchten einen neuen PC zusammenstellen oder einen alten wieder flottmachen? Das bedeutet in den meisten Fällen stundenlanges Studieren von Produkt-Tabellen und Benchmarks, die nicht zwangsläufig miteinander vergleichbar sind. Unter der Zerstückelung der Informationen leidet die Übersicht und bereits eine kleine Veränderung der Spieleeinstellungen kann dafür sorgen, dass Benchmarks nicht mehr ohne Weiteres übertragbar sind. Ein Blindkauf kommt ebenfalls nicht infrage, schließlich geht es im Bereich der PC-Hardware schnell um mehrere Hundert Euro, die man nicht leichtfertig investieren will. All das muss nicht sein: Das neue PCGH-Sonderheft „Die beste Hardware" hilft Ihnen garantiert weiter, indem es für fast alle PC-Komponenten einen reichhaltigen Fundus von Messwerten anbietet – das gibt es in dieser Form nicht im Internet.

Wissenswertes für jeden PC-Schrauber

In diesem Sonderheft finden Sie große Seitenstrecken, die eine oder in wenigen Fällen auch mehrere Gerätekategorien behandeln. Die Basis der Zusammenstellung bilden Umfragen, welche wir auf www.pcgameshardware.de durchgeführt haben: Die gefragtesten Komponenten erhalten selbstverständlich das größe Seitenkontingent. Ganz im Stile der Marktübersichten im regulären, monatlich erscheinenden PCGH-Magazin finden Sie auf 84 Seiten unzählige Benchmarks und Testtabellen, die Sie benötigen, um eine fundierte Entscheidung zu treffen. Da die Messwerte nur die halbe Miete sind, liefern wir außerdem umfassende Kaufberatungen mit, welche Ihnen wertvolles Basiswissen über die einzelnen Bauteile vermitteln. Beachten Sie bitte, dass wir aufgrund der Flut an über das Jahr getesteten Geräten nicht jedes einzelne abdrucken können. Sie finden daher kein ungefiltertes „Best-of" in diesem Heft vor, sondern Hardware, die sich in unseren Analysen besonders hervorgetan hat. Das PCGH-Team wünscht viel Spaß beim Auswählen und Aufrüsten!

Raffael Vötter
Leitender Redakteur
PC Games Hardware

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

CMG
Computec Media Group

Ein Unternehmen der Marquard Media International AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Rainer Rosenbusch, Hans Ippisch

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Philipp Reuther (pr), Carsten Spille (cs), Frank Stöwer (fs), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Elke Pfitzinger

Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, cs, fs, tv, rv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware

CD, DVD, Video Simon Fistrich (Ltg.), Thomas Dziewiszek, Michael Schraut, Daniel Kunoth, Dominik Pache, Oliver Nitzsche

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Uwe Hönig

www.pcgameshardware.de

Head of Online Christian Müller
Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link, Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Carsten Spille, Frank Stöwer, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), Ruben Engelmann, René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de

Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 30 (01/2017)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt über unser Partnerunternehmen DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH:

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland

Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 47,88 (€ 51,60 Österreich, € 59,88 Ausland), DVD € 60,- (€ 67,20 Österreich, € 72,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: LSC Communications Europe, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel:
PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, N-ZONE, GAMES AKTUELL, XBG GAMES, SFT, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASY LINUX, RASPBERRY PI GEEK, WIDESCREEN, MAKING GAMES

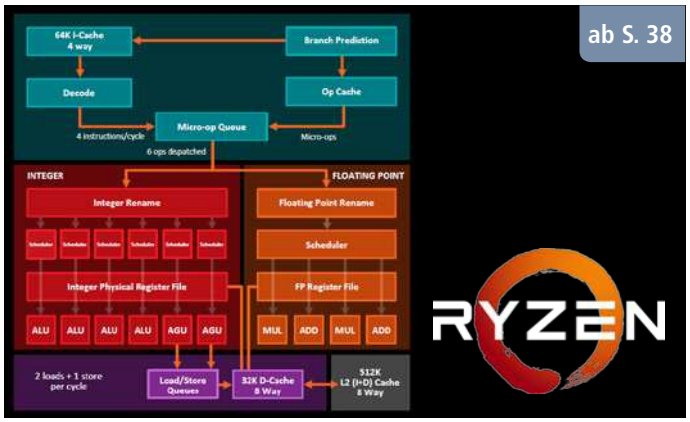
Polen:
COSMOPOLITAN, HARPER'S BAZAAR, JOY, HOT MODA, SHAPE, ESQUIRE, PLAYBOY, CKM, JAMI

Ungarn:
JOY, ÉVA, INSTYLE, SHAPE, MEN'S HEALTH, RUNNER'S WORLD, PLAYBOY, APA

ab S. 16

Grafikkarten: Spieleleistung für jeden Geldbeutel

Das wichtigste Bauteil eines ordentlichen Gaming-Rechners ist eine gute Grafikkarte. Schnell? Zukunftssicher? Leise? Günstig? Wir erklären den Unterschied zwischen Radeon und Geforce und geben Empfehlungen in allen Preisklassen von rund 120 bis 750 Euro für alle Monitorgrößen, VR-Headsets und sonstige Anforderungen.



ab S. 38

Ryzen: AMDs neue High-End-CPU

Lange dominierte Intel den Prozessormarkt (siehe Seite 6), aber kurz vor Redaktionsschluss erschien AMDs Hoffnungsträger. Wir prüfen die neue AM4-Plattform.

ab S. 60

Monitore: Die schönsten Pixel

Welche Auflösung, welche Display-Diagonale und welchen Panel-Typ braucht man, um Spiele in voller Pracht zu genießen? Wir empfehlen Displays für alle Ansprüche.

Heftinhalt

Service

Impressum/Editorial 3

Inhaltsverzeichnis 4

Produkttests und Kaufberatung

Prozessoren 6

Grafikkarten 16

Hauptplatinen 28

AMD Ryzen 38

Arbeitsspeicher 42

SSDs 48

CPU-Kühler 54

Monitore 60

Headsets, Mäuse & Tastaturen 66

Gehäuse 70

Netzteile 78

ALPHACOOL – THE COOLING COMPANY

www.alphacool.com

ALPHACOOL EISWAND CPU KOMPLETTSET

ALTERNATE bequem online

K&M COMPUTER

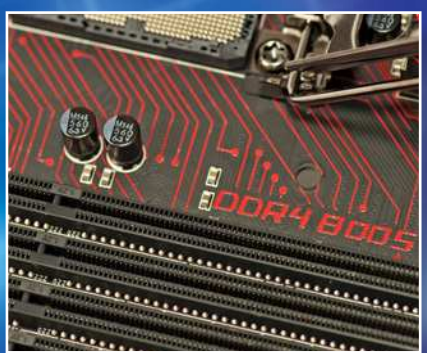
Mindfactory Aktiengesellschaft

aqua TUNING

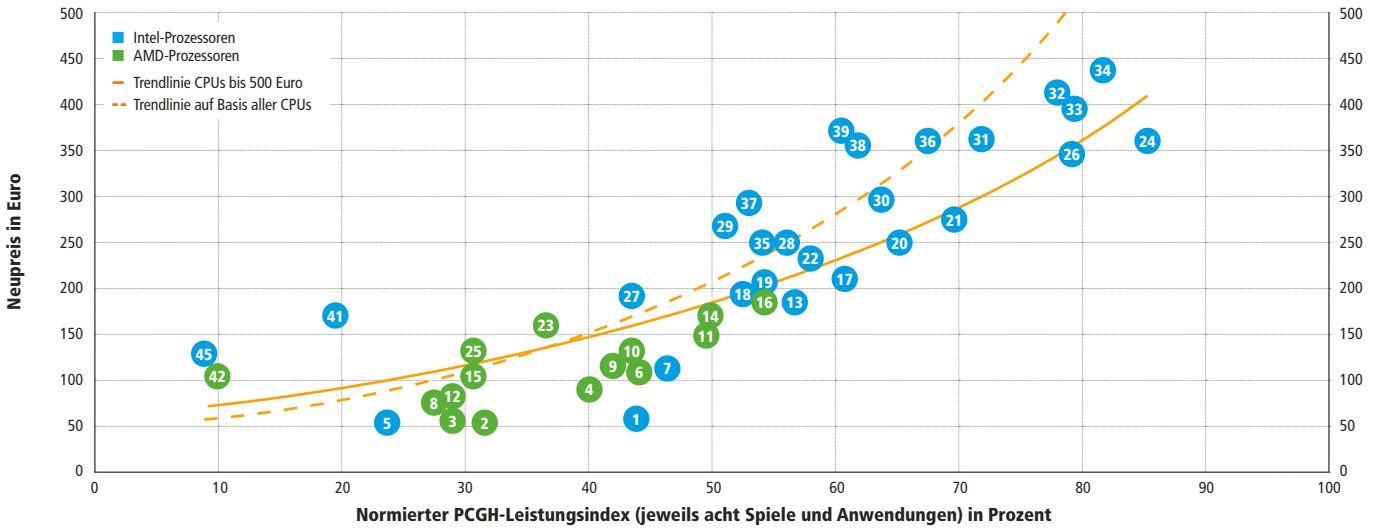
info@alphacool.com

Prozessor-Kaufberatung

Die Anschaffung eines Prozessors wird immer mehr eine mittel- bis langfristige Investition. Grund genug für PCGH, die Grundlagen bei CPUs zu beleuchten.



Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren bis 500 Euro in der Übersicht



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leist.	Spiele-Index Preis/Leist.	Leistungs-index
1	Intel Pentium G4560	100,0%	100,0%	43,8%
2	AMD FX-4300	81,6%	74,3%	31,6%
3	AMD Athlon X4 845	69,3%	60,9%	28,9%
4	AMD FX-6300	64,0%	56,1%	40,0%
5	Intel Pentium G4400	63,4%	51,7%	23,6%
6	AMD FX-8300	58,9%	49,1%	44,2%
7	Intel Core i3-6100	55,7%	54,2%	46,2%
8	AMD A8-7600	54,1%	47,7%	28,3%
9	AMD FX-6350	53,2%	45,8%	42,3%
10	AMD FX-8320E	50,6%	42,1%	43,2%
11	AMD FX-8350	48,9%	39,7%	49,6%
12	AMD A10-7800	48,5%	42,6%	28,6%
13	Intel Core i5-7400	43,4%	39,8%	56,7%
14	AMD FX-8370	43,4%	35,4%	50,0%
15	AMD A10-6800K	42,3%	37,0%	30,8%
16	AMD FX-9590	42,2%	34,1%	54,1%
17	Intel Core i5-7500	41,0%	37,4%	60,7%
18	Intel Core i3-7350K	38,6%	37,6%	52,9%
19	Intel Core i5-6500	37,9%	33,8%	54,3%
20	Intel Core i5-7600K	37,2%	33,5%	65,2%
21	Intel Xeon E3-1230 v5	36,6%	31,5%	69,5%
22	Intel Core i5-6600K	35,3%	31,1%	57,7%
23	AMD Phen. II X6 1100T	34,5%	26,6%	36,7%
24	Intel Core i7-7700K	34,2%	29,8%	85,2%
25	AMD A10-7870K	34,1%	30,2%	30,9%
26	Intel Core i7-6700K	33,0%	28,9%	79,1%
27	Intel Core i5-2500K	32,7%	29,7%	43,7%
28	Intel Core i5-4690K	31,7%	28,4%	55,5%
29	Intel Core i5-4670K	31,0%	27,8%	54,2%
30	Intel Core i5-5675C	30,0%	29,0%	63,7%
31	Intel Core i7-4790K	29,0%	24,7%	71,8%
32	Intel Core i7-5820K	28,1%	22,9%	78,1%
33	Intel Core i7-5775C	27,8%	26,1%	79,3%
34	Intel Core i7-6800K	27,8%	22,4%	81,6%
35	Intel Core i5-3570K	27,4%	25,2%	51,3%
36	Intel Core i7-4770K	27,2%	23,3%	67,5%
37	Intel Core i7-2600K	26,4%	23,1%	53,1%
38	Intel Core i7-4820K	24,5%	22,1%	61,9%
39	Intel Core i7-3770K	23,4%	20,7%	60,4%
40	Intel Core i7-5930K	19,1%	15,6%	80,2%
41	Core 2 Quad Q6600	17,1%	13,8%	19,6%
42	AMD Athl. 64 X2 6400+	13,6%	10,0%	9,8%
43	Intel Core i7-6900K	13,1%	9,6%	94,4%
44	Intel Core i7-5960X	12,2%	9,0%	85,6%
45	Core 2 Duo E6600	10,7%	7,7%	9,0%
46	Intel Core i7-3960X	10,7%	8,7%	72,2%
47	Intel Core i7-4960X	9,7%	7,9%	75,0%
48	Intel Core i7-990X	9,5%	7,5%	59,6%

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum (bei Redaktionsschluss) aktuellen Marktpreis. Im Diagramm: CPUs bis 500 Euro, Trendlinien: Durchgezogene Linie = im Diagramm abgebildete Prozessoren; gestrichelt = alle Prozessoren.

Eine Kaufberatung direkt zu AMDs Ryzen-Launch? Ja, und zwar genau jetzt! Denn in dieser Kaufberatung geht es nicht nur um konkrete Produkte, sondern vielmehr darum, Ihnen als Leser die grundlegenden Mittel an die Hand zu geben, die Kriterien bei der Auswahl des für Sie optimalen Prozessors selbst zu bewerten.

Der Motor des Spiele-PCs

Noch bevor die Grafikkarte die Pixel schön macht und ans Display sendet, muss die CPU ran. Auf ihr laufen die grundlegenden Berechnungen, welche den 3D-Knecht erst mit Daten versorgen. Ist der Prozessor zu langsam, kann die Grafikkarte noch so flott sein, Ihr PC wird nie aus dem Fps-Tal herauskommen. Positiv formuliert bedeutet das, Sie können die Auflösung und die grafiklastigen 3D-Optionen wie Ambient Occlusion oder Schatteneinstellungen erhöhen, ohne dass die Fps merklich sinken. Realistisch betrachtet wird jedoch Ihre (teure) Grafikkarte von einer zu langsamen CPU gebremst. Auch die für ein flüssiges Spielgefühl wichtigen Minimum-Fps an besonders anspruchsvollen Stellen eines Spiels oder während des Nachladens (Streaming) von Leveldaten in einer offenen Spielwelt fallen merklich niedriger oder sogar störend aus.

Dieser Zustand wird gemeinhin auch als CPU-Limit bezeichnet und ist umso deutlicher, je stärker das Leistungpendel zwischen Prozessor und Grafikkarte zugunsten letzterer ausschlägt.

Genau aus diesem Grund testen wir die CPU-Leistung in der vergleichsweise niedrigen Auflösung von 1.280 × 720 Pixeln in Kombination mit einer flotten, übertakteten EVGA Geforce GTX 980 Ti. Denn wir wollen nicht, dass die Prozessorleistung über Gebühr vom 3D-Beschleuniger gebremst wird – solche Werte in 1080p oder höher wären spätestens mit Erscheinen der Titan X (Pascal) überholt gewesen und damit quasi unbrauchbar geworden. Auf der folgenden Doppelseite zeigen wir anhand des sehr gut mit mehreren Kernen skalierenden Shooters Crysis 3 exemplarisch, wie sich auch besonders starke Performanceunterschiede zwischen CPUs mit steigendem Grafiklimit angleichen, bis am Ende kaum noch ein Unterschied zwischen einer 1.700-Euro- und einer 100-Euro-CPU zu sehen ist. Behalten Sie diesen Umstand auf jeden Fall im Hinterkopf, sofern Sie Ihre CPU ausschließlich anhand der (von der Grafikkarte maßgeblich beeinflussten) Spieleperformance auswählen!

Bei Anwendungen sehen die Kriterien zumeist anders aus. Hier beeinflusst die Grafikkarte das Geschehen weniger stark und viele moderne Programme profitieren in einem größeren Maße von zusätzlichen CPU-Kernen, während

Sockel 1151 – Core-Mainstream

Dank Kaby Lake ist Intels Mid-Range-Sockel 1151 zumindest bis zum Zen-Launch für viele Anwender die sinnvollste Plattform.

Auch wenn Kaby Lake kein gigantischer Sprung in der CPU-Performance ist, bleibt immerhin zu konstatieren, dass die Preise ebenfalls im (bekannt hohen) Rahmen bleiben. Solange AMD nicht auch Prozessoren wie Ryzen 5 oder Ryzen 3 zur Spitzengruppe Ryzen 7 gesellt, wird für die meisten Kunden mit unmittelbarem Kaufwunsch die Sockel-1151-Plattform der beste Kompromiss aus Leistung, (Kühlungs-)Aufwand und Kosten bleiben. Vierkerner sind – speziell mit Hyperthreading für 100 Euro Aufpreis – auch heute noch für alle Anwendungen vollkommen ausreichend, auch wenn der Trend eindeutig zu noch mehr Kernen geht und dank Zen vielleicht bald sogar bezahlbar wird. Alternativen gibt's in den beiden anderen Kästen.

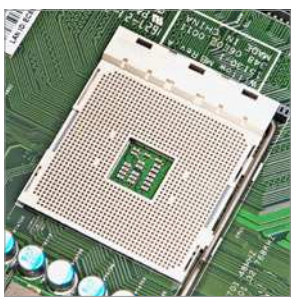
Sockel 2011/2066: Intels High-End

Auch wenn er 2017 abgelöst wird, bleibt der Sockel 2011 mit seinen bis zu 10-kernigen CPUs einstweilen noch die High-End-Lösung.

Aktuell (und wohl auch künftig) bis zu 10 Kerne, Vierkanal-Speicher und dazu der eigentlich veraltete X99-PCH – der Sockel 2011 stellt die zurzeit flotteste Plattform, pfeift speziell in Sachen Infrastruktur aber aus dem letzten Loch. PCI-Express 3.0 stellen aktuelle CPUs zwar noch selbst, für USB 3.1 gen2 mit 10 GB/s Transferrate braucht es aber flotte Zusatzchips. Hinzu kommen hohe Verbrauchswerte auch im Leerlauf, bedingt durch die meist opulent mit Zusatzchips ausgestatteten High-End-Boards und die in dieser Hinsicht unoptimierten Prozessoren selbst. Spieler und Anwender, denen der Sinn nach maximaler Performance und langfristig ausreichender Kernanzahl steht, werden aktuell jedoch nur hier bedient – oder man wartet auf Zen.

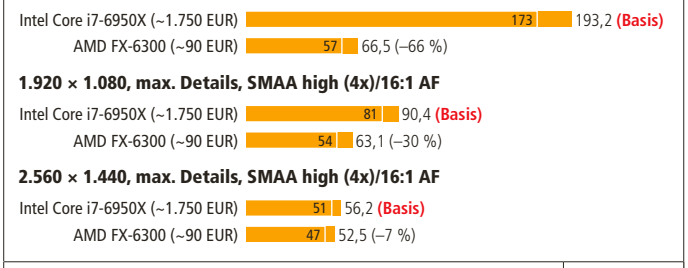
Umbruch: AMD vor AM4

Mit dem Sockel AM4 samt DDR4- und PCI-E-3.0-Support sind FM2+ und AM3+ obsolet. Lediglich Aufrüster wagen noch einen Blick.



AMD steht CPU-seitig vor dem größten Umbruch der Firmengeschichte und das bedingt eine neue, moderne Plattform (AM4). Die veralteten Sockel FM2+ (APUs/Athlon) und AM3+ sind daher nur zu empfehlen, wenn Sie ein bestehendes System unbedingt noch ein letztes Mal aufrüsten wollen – daher fehlen Boards mit diesem Sockel auch im Mainboard-Teil dieses Sonderheftes. Soll es lediglich eine mehr(-als-zwei-)kernige CPU sein und darf diese maximal 110 Euro kosten, führt kein Weg an AMDs AM3+ vorbei. Zurzeit empfiehlt sich der rund 105 Euro günstige Viermoduler FX-8300. Für langfristig anspruchsvolle Nutzung sollten Sie allerdings nicht mehr auf AMDs alte, sondern lieber gleich auf die neue AM4-Plattform setzen, die wir in einem separaten Artikel beleuchten.

CPU-Limit vs. GPU-Limit in Crysis 3 „Fields"



System: X99/Z170, 8 GiByte RAM pro Speicherkanal, Geschw. jeweils laut max. CPU-Spezifikation, EVGA GTX 980 Ti @1,4/3,9 GHz (359.06 WHQL); Windows 10 x64 (1607) **Bemerkungen:** Das Diagramm rechts stark vereinfacht zusammengefasst: GPU bremst CPU.

Bilder/Sek. Min. Ø Fps ▶ Besser

viele Spiele oft noch besser mit Takt als mit der Zahl der Rechenwerke skalieren. Zudem sind viele Anwendungen nicht auf Echtzeit-Performance angewiesen, sondern die CPU-Leistung bestimmt vielmehr die Wartezeit – also etwa, ob während des Video-Transcodings ein schwarzer (3 bis 5 Minuten Ziehzeit) oder ein grüner Tee (5 bis 8 Minuten) zubereitet werden kann. Während die Wartezeit bei geschäftlicher Nutzung natürlich gleichbedeutend mit barer Münze sein und sich die Anschaffung einer sehr teuren CPU lohnen kann, ist das im privaten Bereich eher selten der Fall und die Anwendungsleistung von Prozessoren eher eine Frage der persönlichen Geduld.

Erschwerend in Sachen Prozessorwahl kommt hinzu, dass bei dessen Leistung oft nicht so viele Stellschrauben vorhanden sind. In manchen Spielen ist es einzig die Sichtweite in der Spielwelt, welche nennenswerte Auswirkungen auf die CPU-Anforderungen hat, und die beeinflusst dann gleich auch noch die Orientierung im Level oder bringt gar handfeste Nachteile, etwa wenn Gegner später zu sehen sind. Für durchweg flotte Spiele sollten Sie also bei der CPU nicht zu knauserig sein. Bei einer Grafikkarte können Sie allein durch die Anzahl der gerenderten Pixel, also die Auflösung, oder durch die Beleuchtungsberechnungen (Ambient Occlusion etwa) den Rechenaufwand drastisch beeinflussen.

Wichtiger Faktor: Die geplante Nutzungsdauer

Über die letzten paar Jahre verlängerte sich die durchschnittliche Nutzungszeit von CPUs deutlich. Wer sich etwa zu Sandy-Bridge-Zeiten speziell für einen übertaktbaren Core i5 oder i7 entschieden hatte, kann damit auch heute, 6 Jahre später, noch so gut wie alle Spiele problemlos zocken – das beweist auch unser Worst-Case-Benchmark in Battlefield 1 Multiplayer weiter hinten im Artikel. Inzwischen jedoch setzen auch vermehrt Spiele auf mehr als vier Kerne und sind in der Lage, Nutzen aus zusätzlichen Recheneinheiten zu ziehen. Hinzu kommt, dass mit Direct X 12 die Ansteuerung etwa von Sechs- oder Achtkern-CPUs vereinfacht wurde, sodass Fps-Gewinne durch eine Vielzahl an Rechenwerken künftig eher steigen dürften.

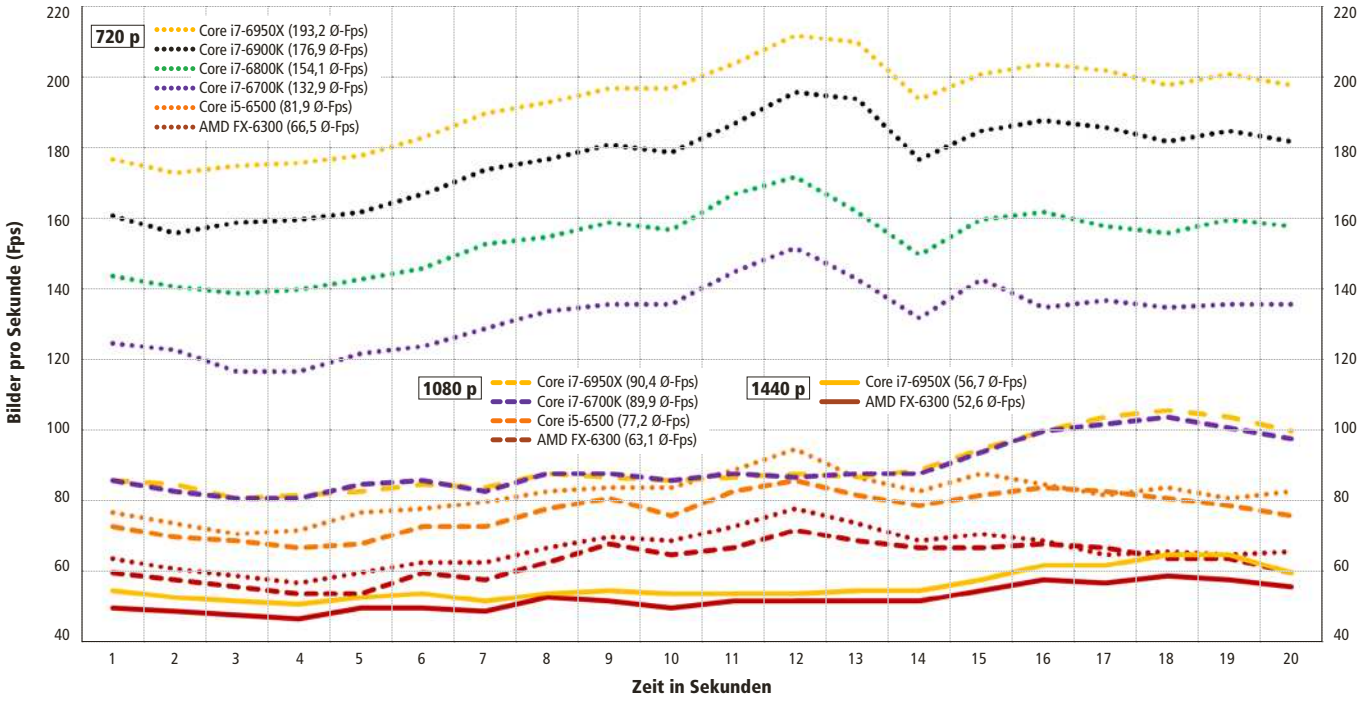
In den letzten Jahren sind die CPU-Preise weitgehend stabil geblieben, ohne dass es großartige „Abverkaufsaktionen" etwa für den vom i7-6800K beerbten und beliebten i7-5820K (beides Sechskerner) gegeben hätte. Wenn Sie „Vernunftkäufer" sind, lohnt es sich daher durchaus, bei der nächsten Anschaffung über das unmittelbar nötige Maß hinaus zu denken und bei entsprechendem Budget eventuell eine Leistungsklasse höher zu planen. Dank AMDs Ryzen-Prozessoren werden auch Acht- statt Sechskerner deutlich erschwinglicher.

Finger weg von reinen Zweikern-Prozessoren

Ein besonderer Fallstrick lauert inzwischen bei reinen Dualcore-CPUs, also solchen, welche dem Betriebssystem lediglich zwei Threads bieten. Anstatt lediglich langsamer zu laufen, verweigern bereits einige AAA-Titel namhafter Publisher glattweg den Start oder fallen durch häufige Abstürze auf.

Beispiel: Prozessor-Leistung mit zunehmendem Grafiklimit illustriert

Crysis 3 „Fields": 1.280 × 720 (kein AA/AF/minimales Post-Processing) – 1.920 × 1.080/2.560 × 1.440 (SMAA hoch 4×, 16:1 AF, maximale Details)



System: X99/Z170/990FX-Chip, 8 GiByte RAM pro Speicherkanal, Geschwindigkeit jeweils laut maximaler CPU-Spezifikation, EVGA GTX 980 Ti @1,4/3,9 GHz (359.06 WHQL); Windows 10 x64 (1607) **Bemerkungen:** Je höher die Auflösung, desto stärker limitieren auch schnelle Grafikkarten. Folglich rücken auch CPUs mit stark unterschiedlicher Leistung teils sehr eng zusammen – das zeigen auch die durchgezogenen Linien (1440p).

Niedrige Performance ist eine Sache, aber vollständige Inkompatibilität mit Spielen und/oder Anwendungen sind für uns ein Ausschlusskriterium.

Zu den betroffenen Prozessoren gehören, neben einigen Stromsparmodellen und älteren APUs, vor allem Intels Celeron-Riege und die Pentium-Modelle bis einschließlich der Skylake-Generation. Speziell Intels Pentium G3258 AE (zwei Kerne, kein Hyperthreading) verkommt so zu einem, zugegeben, günstigen Spielzeug für Übertakter. Intels Core-i3-Modelle und AMDs FX-4000-CPUs hingegen starten bislang noch alle von uns getesteten Programme, sind aber für viele aktuelle Titel schon etwas schwach auf der Brust.

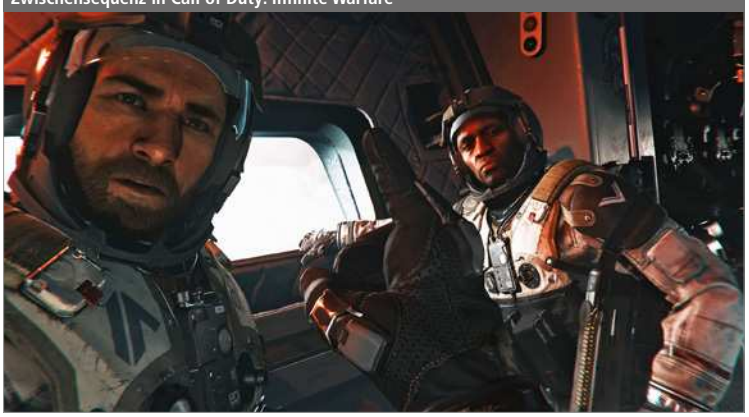
Dasselbe gilt für Pentium-Prozessoren der Kaby-Lake-Generation (ab dem G4560), denn diesen Pentiums hat Intel erstmals seit Netburst-Zeiten wieder Hyperthreading gegönnt. Sie verhalten sich also (fast) wie Core-i3-CPUs, müssen aber auf moderne Befehlssatzerweiterungen wie AVX & Co. verzichten: SSE 4.2 und AES-Beschleunigung sind das Höchste der Gefühle. Doch bislang stellt das noch kein Hindernis für aktuelle Spiele dar und so verdient sich der 60 Euro günstige Pentium G4560 unseren Preis-Leistungstipp.

Takt oder Architektur

Jahrelang war allein die Frage nach der Anzahl der Megahertz entscheidend, doch heute ist die Situation komplexer. So haben AMD und Intel inzwischen voneinander vollkommen unabhängige Architekturen entwickelt, zwischen denen sich reine Taktraten nicht mehr sinnvoll vergleichen lassen. AMD-Prozessoren mit Bulldozer-Architektur sind auf hohe Taktfrequenzen optimiert und laufen in der Regel mit mehr als 4 GHz. Intel-CPUs takten niedriger, leisten aber pro Kern und MHz zum Teil deutlich mehr, sodass hier von den technischen Eckdaten her keine direkte Gegenüberstellung sinnvoll erscheint. Schauen Sie für eine grobe Einordnung daher lieber

Massenschlacht in Total War: Warhammer

Zwischensequenz in Call of Duty: Infinite Warfare



Strategiespiele wie Warhammer benötigen traditionell reichlich CPU-Leistung, wohingegen Shooter wie CoD Infinite Warfare größeren Wert auf Grafikleistung und -speicher legen.

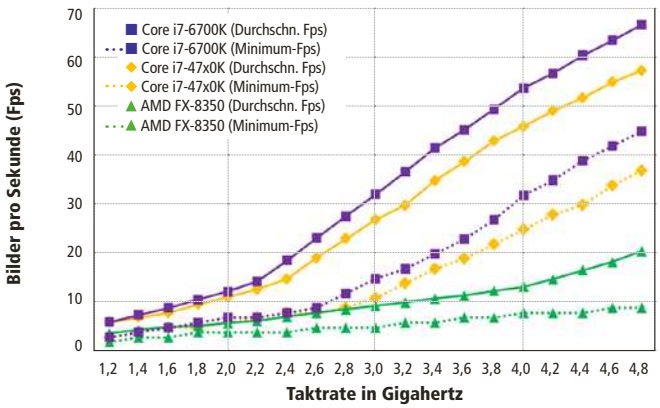
Slow-PU: Was der Bench nicht zeigt

Niedrigere Bildraten in Spielen und längere Wartezeiten bei Anwendungen zeigen nicht das gesamte Bild von Low-End-Prozessoren.

Abseits der reinen Fps-Werte, die in den Benchmark-Diagrammen hoch- und runtergejubelt werden, gibt es noch weitere Dinge, die bei langsamen CPUs auffallen. Da wären zum einen die Ladezeiten, welche durchaus stark mit der CPU-Leistung – speziell der Pro-MHz-Performance – skalieren. Zum anderen priorisieren moderne Streaming-Engines bisweilen aber auch das Entpacken und In-den-Grafikspeicher-Laden von detaillierten Pixeltapeten recht niedrig. So kommt es, dass wir etwa in Assassin's Creed Syndicate, trotz knapp 30-sekündigen Durchlaufens der Spielwelt, beim Erklettern des Bahnhofsdaches (auf dem unser Benchmark stattfindet) noch mit niedrig auflösendem Matsch (s. Screenshot), anstelle von hübschen, detaillierten Mauertexturen konfrontiert werden.

Starcraft 2 x64: Skalierung mit Taktrate

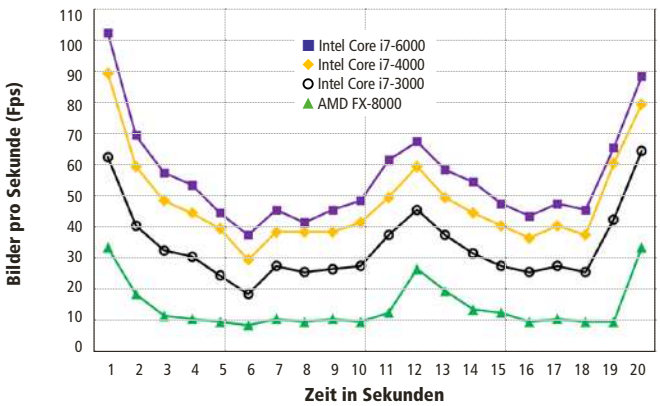
SC2 HotS „Veteranen" (720p), max. Det., kein AA/AF/AO/ min. Post-Processing



System: Intel Z97/170, AMD 990FX, 8 GiB RAM pro Speicherkanal (Geschw. jeweils laut max. CPU-Spezifikation), GF GTX 980 Ti (359.06 HQ); Win 10 x64 (1607) **Bemerkungen:** Die SC2-Leistung steigt „supralinear", also schneller als der Takt. Der „Knick" in der kritischen Minimal-Frequenz ist im Verlauf gut sichtbar.

CPUs @ 4,0 GHz in Starcraft 2: Zu viele Zergs

SC2 HotS „Veteranen" (720p), max. Det., kein AA/AF/AO/ min. Post-Processing



System: Siehe oberes Diagramm; hier laufen alle CPU-Architekturen ohne Stromsparfunktionen bei konstanten 4 GHz. **Bemerkungen:** Sobald sich unsere Zerg-Armee auf Gegner stürzt (Sekunde 2 bis 11 und 13 bis 19), brechen die Fps stark ein, bei der AMD-FX-CPU aufgrund der niedrigen Pro-MHz-Leistung auf den geringsten Wert.

auf Vergleiche wie unseren CPU-Leistungsindex. 2017 wird sich auf Intel-Seite hier wohl hauptsächlich durch etwas mehr Takt etwas ändern, während die AMD-Fraktion, dank der Zen-Architektur, neue Leistungsregionen erklimmt.

Spiele vs. Anwendungen

Wann es bei Ihnen auf hohe Leistung ankommt, hängt vom primären Nutzungsszenario Ihres PCs ab. Während die meisten Spiele in Echtzeit laufen, also eine bestimmte Bildrate benötigen, um sich sinnvoll bedienen zu lassen, sieht das bei Anwendungen im Heimbereich anders aus. Scheiden sich bei Spielen die Geister, ob es 30, 60 und mehr Bilder pro Sekunde sein sollten, für die der Prozessor die Vorarbeit leisten muss, kommt es bei Anwendungen darauf an, ob sie sich noch flüssig bedienen lassen. So etwa die Änderung eines Parameters in der Bildbearbeitung: Wird diese schnell genug umgesetzt, um Vorher-nachher-Vergleiche zu erlauben? Als Faustregel gilt, dass Anwendungen oft besser parallelisiert sind und daher eher von zusätzlichen Kernen profitieren können. Spiele hingegen sind nach wie vor meist auf eine hohe Leistung pro Kern angewiesen (s. Extremfall Starcraft 2 weiter unten im Artikel), da ihre Performance oft an „dem entscheidenen" Game-Thread hängt und die restlichen Kerne diesen nur entlasten können.

Intel Core vs. AMD FX

Was wie eine Entweder-oder-Frage aussieht, wird in der Praxis oft entscheidend vom verfügbaren Budget beeinflusst. Bei AMD bekommen Sie derzeit für 100 bis gut 170 Euro einfach mehr CPU fürs Geld, etwa in Form des FX-6300 (3 Module/6 Threads, 3,5 GHz Basistakt) oder des FX-8300 (4 Module/8 Threads, 3,2 GHz), welche sich problemlos jeweils um ein paar hundert Megahertz übertakten lassen – Sie sollten sich hier jedoch darüber im Klaren sein, dass Sie in eine „tote" Plattform investieren. Sie wissen schon ... Zen. Intel-Modelle dagegen werden erst mit vier Kernen – zum Beispiel der Core i5-7400 oder der -7600K – für Übertakter wirklich interessant, wenn sie einen rundum spieletauglichen PC antreiben sollen. Zwar bieten auch Core-i3-CPUs vier Threads, zwei davon sind aber nur virtuell vorhanden, sodass sie meist langsamer als echte Vierkerner rechnen.

Aufrüstung oder Neukauf?

Je nachdem, ob Sie vorhaben, sich komplett von der Alt-Hardware zu trennen, oder ob möglichst viel davon weitergenutzt werden soll, bieten sich unterschiedliche Lösungen an. AMDs aktuelle Plattform AM3+ für Desktop-CPUs ist technisch gesehen nicht mehr up to date, nimmt aber dafür sämtliche FX-Prozessoren sowie deren Vorgänger der Phenom-II-Reihe auf. Falls Sie bereits so ein Board besitzen, schauen Sie doch auf der Hersteller-Website, mit welchen FX-CPUs es noch kompatibel ist. Bei Intel hingegen erfordert beinahe jede zweite CPU-Generation ein neues Mainboard – Kaby Lake läuft als „Taktupgrade" von Skylake mit passendem UEFI allerdings noch in Boards der 100-Serie, jedoch benötigen Sie für den Flash-Vorgang eine unterstützte CPU aus der Skylake-Generation. Aufrüster haben es also schwer, sofern sie nicht von einem Prozessor aus innerhalb derselben CPU-Generation upgraden.

Beim Neukauf für einen Spiele-PC spricht nach wie vor nur ein knappes Budget für eine AMD-CPU. In einigen Anwendungen hingegen kann ein FX-83x0 durchaus mit einem älteren Core-Prozessor, wie dem i7-2600K, mithalten, in manchen Spielen mit dem i5-2500K. Ansonsten sind sie aufgrund des höheren Strombedarfs nur mit größerem Aufwand leise zu kühlen. Ein „Boxed"-Lüfter genügt hier nur akustisch extrem unempfindlichen Naturen und für einen brauchbaren Kühler aus dem Nachrüstregal wie dem Arctic Freezer A32 müssen Sie mindestens 25 Euro einplanen. Ab circa 180 Euro beginnt der für Spieler interessante Bereich der Intel-Prozessoren. Hier gibt es Vierkern-Modelle, die dank Turbo zum Teil merklich über 3 GHz takten, sparsam arbeiten – sich also ohne großen Aufwand kühlen lassen – und pro Takt viel Arbeit verrichten.

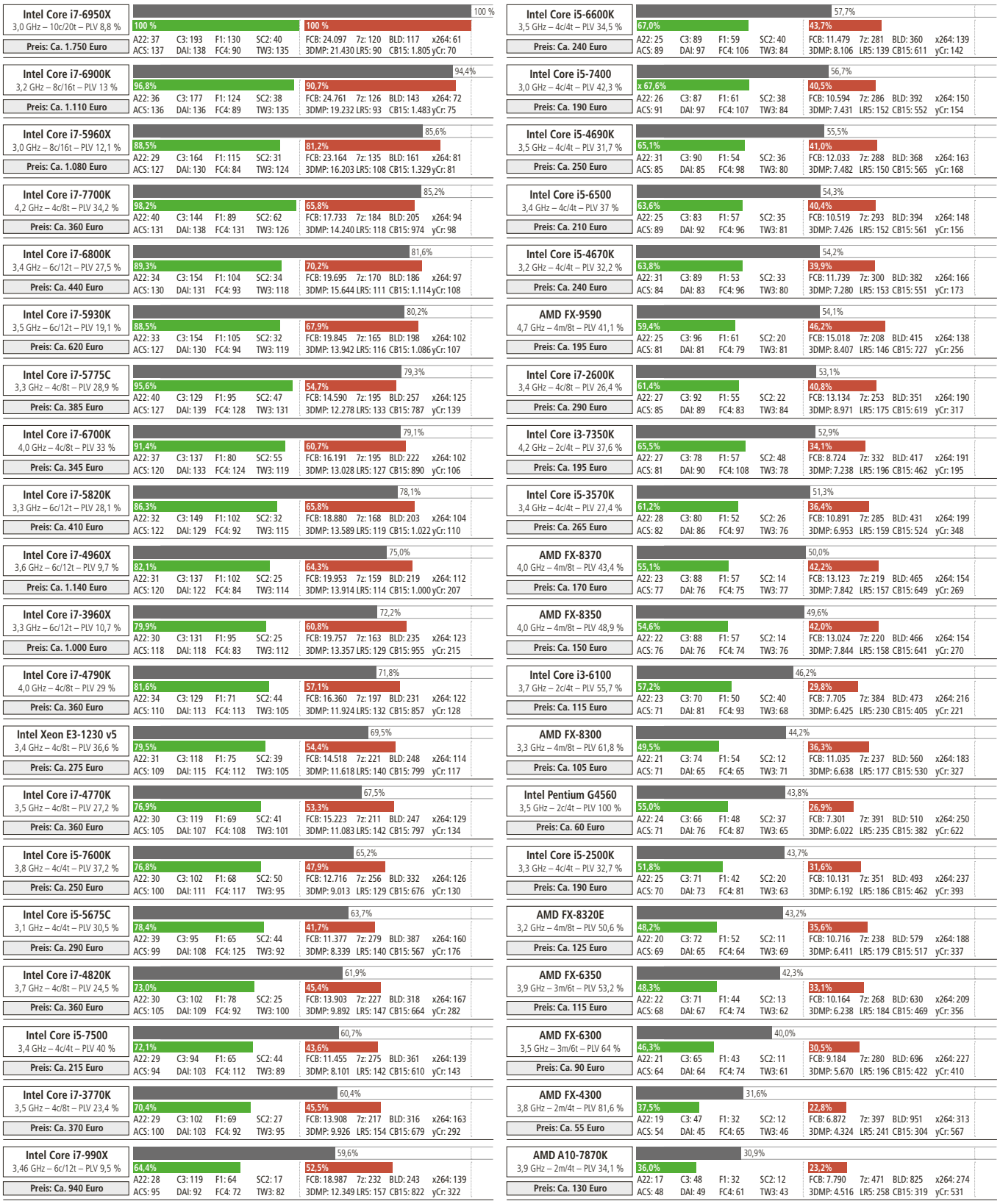
Benchmarks

Zur Übersicht bieten wir Ihnen den erweiterten Leistungsindex von 40 CPUs. Sie finden die gerundeten Einzelergebnisse in Zahlenform unterhalb der Indexbalken.

PCGH-Index: Top 40 CPUs

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

Gesamtindex | Spieleindex | Anwendungsindex



Spiele (links): Anno 2205, Assassin's Creed Syndicate, Crysis 3, Dragon Age: Inquisition, F1 2015, Far Cry 4, Starcraft 2 LotV, Witcher 3: gerundete Durchschnitts-Fps in 1.280 × 720 (max. Details außer Post-Processing, Ambient Occlusion, AA und AF), mehr ist besser. **Anwendungen** (rechts): Fritz Chessbench, 3D Mark Firestrike Physics, Cinebench R15: Punkte (mehr ist besser), 7-Zip 15.21, Lightroom 5.7.1, Blender 2.76, x264, y-Cruncher: Sekunden (weniger ist besser)
System: 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz

Prozessor	Intel Core i7-6950X	Intel Core i7-7700K	Intel Core i7-6900K	Intel Core i7-6700K	Intel Core i7-5775C
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1394456	www.pcgh.de/preis/1551097	www.pcgh.de/preis/1394462	www.pcgh.de/preis/1290371	www.pcgh.de/preis/1275291
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 1.750 Euro/ungenügend	Ca. 360 Euro/mangelhaft	Ca. 1.100 Euro/ungenügend	Ca. 345 Euro/mangelhaft	Ca. 400 Euro/mangelhaft
Für Mainboards mit Sockel …	LGA 2011-v3	LGA 1151	LGA 2011-v3	LGA 1151	LGA 1150
Codename	Broadwell-E	Kaby Lake-S	Broadwell-E	Skylake-S	Broadwell-H
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	10 (20), 2,8 GHz	4 (8), ab Werk bis 4,0 GHz	8 (16), 2,8 GHz	4 (8), wie Basistakt	4 (8), wie Basistakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,0 GHz (bis 3,5/4,0*** GHz)	4,2 GHz (4,4 bis 4,5 GHz)	3,2 GHz (bis 3,7/4,0*** GHz)	4,0 GHz (4,0 bis 4,2 GHz)	3,3 GHz (3,6 bis 3,7 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/25 MiByte	256 KiByte/8 MiByte	256 KiByte/20 MiByte	256 KiByte/8 MiByte	256 KiByte/6 MiByte+128 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	3.400 Millionen, 14 nm, 246 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	3.400 Millionen, 14 nm, 246 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,26**	**1,79**	**2,26**	**1,79**	**1,69**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden	HD Graphics 630 (max. 1,15 GHz)	Nicht vorhanden	HD Graphics 530 (max. 1,15 GHz)	Iris Pro 6200 (max. 1,15 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	40× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	40× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**2,29**	**1,48**	**2,50**	**1,47**	**1,93**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 80)	Ja (bis 83)	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)
Übertaktung per Referenztakt?*	Mäßig eingeschränkt	Ja	Mäßig eingeschränkt	Ja	Stark eingeschränkt
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	4 × DDR4-2400 (kein ECC)	2 × DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	4 × DDR4-2400 (kein ECC)	2 × DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2 × DDR3(L)-1600 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	140 Watt	91 Watt	140 Watt	95 Watt	65 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	50 Watt	19 Watt	50 Watt	21 Watt	19 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	239/370/304 Watt	223/320/302 Watt	243/349/313 Watt	214/302/277 Watt	215/287/275 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	288 Watt	275 Watt	291 Watt	256 Watt	252 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	184 Watt	145 Watt	186 Watt	126 Watt	120 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,00**	**1,62**	**1,24**	**1,87**	**1,87**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	100 %	98,2 %	96,8 %	91,4 %	95,6 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	100 %	65,8 %	90,7 %	60,7 %	54,7 %
FAZIT	⊕ Bestwerte in Spielen und Anw. ⊕ Hohe Effizienz bei Anwendungen ⊖ Extrem überteuert	⊕ Leistung im Spieleindex fast i7-6950X-Niveau, sehr taktfreudig ⊖ Nicht so effizient wie Vorgänger	⊕ Etwas schneller als d. Vorgänger ⊕ Effizienter als der Vorgänger ⊖ Überteuert wie der Vorgänger	⊕ Sehr hohe Spieleleistung ⊕ Sehr hohe Anwendungseffizienz ⊖ Hoher Preis	⊕ Sehr hohe Leistung dank EDRAM ⊕ Beste Spieleeffizienz ⊖ Viel zu hoher Preis
	Wertung: **1,51**	Wertung: **1,63**	Wertung: **1,69**	Wertung: **1,78**	Wertung: **1,85**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Prozessor	Intel Core i7-5960X	Intel Core i7-6800K	Intel Core i7-5930K	Intel Core i7-5820K	Intel Core i7-4790K
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1121089	www.pcgh.de/preis/1394467	www.pcgh.de/preis/1121098	www.pcgh.de/preis/1121100	www.pcgh.de/preis/1119923
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 1.070 Euro/ungenügend	Ca. 435 Euro/mangelhaft	Ca. 620 Euro/ungenügend	Ca. 410 Euro/mangelhaft	Ca. 360 Euro/mangelhaft
Für Mainboards mit Sockel …	LGA 2011-v3	LGA 2011-v3	LGA 2011-v3	LGA 2011-v3	LGA 1150
Codename	Haswell-E	Broadwell-E	Haswell-E	Haswell-E	Haswell-DT
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	8 (16), 3,0 GHz	6 (12), 2,8 GHz	6 (12), wie Basistakt	6 (12), wie Basistakt	4 (8), wie Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,0 GHz (3,3 bis 3,5 GHz)	3,4 GHz (bis 3,6/3,8*** GHz)	3,5 GHz (3,6 bis 3,7 GHz)	3,3 GHz (3,5 bis 3,6 GHz)	4,0 GHz (4,2 bis 4,4 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/20 MiByte	256 KiByte/15 MiByte	256 KiByte/15 MiByte	256 KiByte/15 MiByte	256 KiByte/8 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	2.600 Millionen, 22 nm, 356 mm²	3.400 Millionen, 14 nm, 246 mm²	2.600 Millionen, 22 nm, 356 mm²	2.600 Millionen, 22 nm, 356 mm²	Unbekannt, 22 nm, 177 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,31**	**2,26**	**2,31**	**2,34**	**1,94**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	HD Graphics 4600 (max. 1,25 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	40× PCI-Express 3.0	28× PCI-Express 3.0	40× PCI-Express 3.0	28× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**2,65**	**2,75**	**2,66**	**2,64**	**2,27**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)	Ja (bis 80)
Übertaktung per Referenztakt?*	Mäßig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Stark eingeschränkt
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	4 × DDR4-2133 (kein ECC)	4 × DDR4-2400 (kein ECC)	4 × DDR4-2133 (kein ECC)	4 × DDR4-2133 (kein ECC)	2 × DDR3-1600 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	140 Watt	140 Watt	140 Watt	140 Watt	88 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	49 Watt	49 Watt	47 Watt	46 Watt	18 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	221/364/310 Watt	235/344/296 Watt	235/348/304 Watt	231/340/298 Watt	219/320/278 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	286 Watt	282 Watt	284 Watt	278 Watt	261 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	202 Watt	170 Watt	183 Watt	176 Watt	134 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,61**	**1,77**	**1,83**	**1,92**	**2,18**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	88,5 %	89,3 %	88,5 %	86,3 %	81,6 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	81,2 %	70,2 %	67,9 %	65,8 %	57,1 %
FAZIT	⊕ Sehr hohe Anwendungsleistung ⊖ Niedriger Werkstakt ⊖ Stark überteuert	⊕ Sehr hohe Allroundleistung ⊕ Kaum teurer als Intel-Vierkerner, dabei aber zukunftssicherer	⊕ Sehr hohe Allroundleistung ⊕ 6 Kerne für künftige Aufgaben ⊖ Zu teuer i.V. zu i7-5820/-6800K	⊕ Sehr hohe Allroundleistung ⊕ Kaum teurer als Intel-Vierkerner, dabei aber zukunftssicherer	⊕ Noch sehr hohe Spieleleistung ⊕ Sehr hoher Takt ⊖ Angesichts des Alters zu teuer
	Wertung: **1,95**	Wertung: **2,06**	Wertung: **2,09**	Wertung: **2,15**	Wertung: **2,15**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

80 PLUS BRONZE 80 PLUS SILVER

PURE POWER 10

Außerordentlich leise, enorm zuverlässig, hochwertig

- Zwei starke 12V-Leitungen
- 80PLUS® Bronze/Silver Effizienz (von bis zu 91%)
- Außerordentlich stabiler Betrieb dank neuester Technologien
- Modular und non modular: 300-700W

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER
*GfK 2016

be quiet!®

Prozessor	Intel Core i5-7600K	Intel Core i7-4960X	Intel Core i5-5675C	Intel Xeon E3-1230 v5	Intel Core i5-6600K
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1551201	www.pcgh.de/preis/993664	www.pcgh.de/preis/1275321	www.pcgh.de/preis/1343661	www.pcgh.de/preis/1290376
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 250 Euro/ausreichend	Ca. 1.140 Euro/ungenügend	Ca. 295 Euro/mangelhaft	Ca. 275 Euro/ausreichend	Ca. 235 Euro/ausreichend
Für Mainboards mit Sockel …	LGA 1151	LGA 2011	LGA 1150	LGA 1151 (C232/236!)	LGA 1151
Codename	Kaby Lake-S	Ivy Bridge-E	Broadwell-H	Skylake-WS	Skylake-S
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	4 (4), ab Werk bis 3,9 GHz	6 (12), wie Kerntakt	4 (4), wie Basistakt	4 (8), wie Basistakt	4 (4), wie Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,8 GHz (4,0 bis 4,2 GHz)	3,6 GHz (3,7 bis 4,0 GHz)	3,1 GHz (3,5 bis 3,6 GHz)	3,4 GHz (3,6 bis 3,8 GHz)	3,5 GHz (3,6 bis 3,9 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/6 MiByte	256 KiByte/15 MiByte	256 KiByte/4 MiByte+128 MiByte	256 KiByte/8 MiByte	256 KiByte/6 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	1.860 Millionen, 22 nm, 257 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,79**	**2,46**	**1,69**	**2,29**	**1,79**
Grafikeinheit	HD Graphics 630 (bis zu 1,15 GHz)	Nicht vorhanden	Iris Pro 6200 (max. 1,10 GHz)	Nicht vorhanden	HD Graphics 530 (bis zu 1,15 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX, AES	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	40× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,76**	**2,40**	**2,21**	**2,68**	**2,01**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 83)	Ja (bis 63)	Ja (bis 80)	Nein	Ja (bis 80)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Stark eingeschränkt	Stark eingeschränkt	Nicht möglich	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	2× DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	4 × DDR3-1866 (kein ECC)	2 × DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2 × DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (ECC opt.)	2× DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	91 Watt	130 Watt	65 Watt	80 Watt	95 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	19 Watt	37 Watt	17 Watt	19 Watt	22 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	203/262/245 Watt	242/342/309 Watt	211/245/236 Watt	200/265/257 Watt	198/245/234 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	238 Watt	289 Watt	228 Watt	234 Watt	225 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	112 Watt	175 Watt	107 Watt	118 Watt	109 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,45**	**2,05**	**2,51**	**2,27**	**2,77**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	76,8%	76,8 %	82,1 %	78,4 %	67 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	47,9%	47,9 %	64,3 %	41,7 %	43,7 %
FAZIT	⊕ Schneller, effizienter und taktfreudiger als der Vorgänger ⊖ „K"-Zuschlag für OC-Option	⊕ Sehr hohe Allroundleistung ⊖ Stark überteuert ⊖ Plattform nicht mehr up to date	⊕ Sehr hohe Spieleleistung ⊕ Vielfältiges Tuningpotenzial ⊖ Deutlich zu teuer	⊕ Sehr hohe Allroundleistung ⊖ Benötigt Workstation-Board (C232/C236), Tuning keine Option	⊕ Hohe Spieleleistung ⊕ Vielfältiges Tuningpotenzial ⊖ Nicht allzu günstig
	Wertung: **2,18**	Wertung: **2,20**	Wertung: **2,29**	Wertung: **2,36**	Wertung: **2,42**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Prozessor	Intel Core i5-7500	Intel Core i3-7350K	Intel Core i5-4690K	Intel Core i5-7400	Intel Core i5-6500
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1554205	www.pcgh.de/preis/1557508	www.pcgh.de/preis/1119925	www.pcgh.de/preis/1553204	www.pcgh.de/preis/1290386
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 210 Euro/ausreichend	Ca. 190 Euro/ausreichend	Ca. 250 Euro/mangelhaft	Ca. 185 Euro/ausreichend	Ca. 205 Euro/ausreichend
Für Mainboards mit Sockel …	LGA 1151	LGA 1151	LGA 1150	LGA 1151	LGA 1151
Codename	Kaby Lake-S	Kaby Lake-S	Haswell-DT	Kaby Lake-S	Skylake-S
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	4 (4), bis 3,5 GHz	2 (4), ab Werk 3,9 GHz	4 (4), wie Kerntakt	4 (4), bis 3,2 GHz	4 (4), wie Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,4 GHz (3,6 bis 3,8 GHz)	4,2 GHz	3,5 GHz (3,7 bis 3,9 GHz)	3,0 GHz (3,3 bis 3,5 GHz)	3,2 GHz (3,3 bis 3,6 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/6 MiByte	256 KiByte/4 MiByte	256 KiByte/6 MiByte	256 KiByte/6 MiByte	256 KiByte/6 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 22 nm, 177 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,79**	**1,79**	**1,94**	**1,84**	**1,79**
Grafikeinheit	HD Graphics 630 (bis zu 1,1 GHz)	HD Graphics 630 (bis zu 1,15 GHz)	HD Graphics 4600 (max. 1,2 GHz)	HD Graphics 630 (bis zu 1,0 GHz)	HD Graphics 530 (bis zu 1,05 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	16x PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**2,89**	**2,12**	**2,64**	**2,96**	**3,19**
Offener Multiplikator*	Nein	Ja (bis 83)	Ja (bis 80)	Nein	Nein
Übertaktung per Referenztakt?*	Stark eingeschränkt	Ja	Stark eingeschränkt	Stark eingeschränkt	Stark eingeschränkt
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	2× DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2× DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2 × DDR3-1600 (kein ECC)	2× DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2× DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	65 Watt	60 Watt	88 Watt	65 Watt	65 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	18 Watt	19 Watt	18 Watt	18 Watt	19 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	194/242/233 Watt	189/230/226 Watt	211/256/239 Watt	186/232/226 Watt	188/232/236 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	224 Watt	218 Watt	229 Watt	216 Watt	219 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	99 Watt	108 Watt	123 Watt	94 Watt	103 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,64**	**2,96**	**2,86**	**2,81**	**2,91**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	72,1 %	65,5 %	65,1 %	67,6 %	63,6 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	43,6 %	34,1 %	41 %	40,5 %	40,4 %
FAZIT	⊕ Hohe Allroundleistung ⊕ Schneller als i5-6600 ⊖ Praktisch keine Tuningoptionen	⊕ Schnellster Zweikerner bis dato, einfach übertaktbar ⊖ Viel zu teuer i.V. mit Quadcores	⊕ Hohe Allroundleistung ⊕ Vielfältiges Tuningpotenzial ⊖ Angesichts des Alters zu teuer	⊕ Hohe Allroundleistung ⊕ Bestes PLV Intel-Quadcores ⊖ Praktisch keine Tuningoptionen	⊕ Hohe Allroundleistung ⊖ Zu teuer verglichen mit i5-7400 ⊖ Praktisch keine Tuningoptionen
	Wertung: **2,52**	Wertung: **2,56**	Wertung: **2,64**	Wertung: **2,64**	Wertung: **2,74**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Apropos: Wenn Sie sich rein für Spiele- oder Anwendungsleistung interessieren, werfen Sie einen Blick auf die grünen respektive roten Benchmarkbalken.

Im Spielebereich gibt es noch immer viele Titel, die mit zwei Kernen auskommen – ein Vertreter davon ist das beliebte Starcraft 2, welches insbesondere bei Zerg Rushes CPU-limitiert ist. Klar ist jedoch auch: Stark mehrkernoptimierten Titeln gehört allein schon aufgrund der Multi-Plattform-Engines, welche auch die achtkernigen Spielkonsolen Playstation 4 und Xbox One bedienen, die Zukunft. Dank Low-Level-APIs wie Direct X 12 und Vulkan verstärkt sich dieser Trend sicherlich noch. Ein Vierkerner sollte daher die untere Grenze sein.

Faktor Grafikkarte

Wir können es nicht oft genug betonen (und tun es an dieser Stelle daher erneut): Die CPU stellt „nur" die Basis der Spieleleistung. Denn in fast allen modernen Spielen wird die Leistung spätestens ab der Full-HD-Auflösung von der Grafikkarte begrenzt – speziell mit Kantenglättung, Ambient Occlusion oder DSR/VSR. Selbst in Crysis 3 bremsen 4× Multisample-Antialiasing in 2.560× 1.440 Bildpunkten auch Prozessoren für mehr als 1.000 Euro fast auf das Niveau eines 100-Euro-Modells wie dem FX-6300 herunter. Dies veranschaulicht unser großer Extrakasten weiter vorn im Artikel. *(cs)*

Fazit

PC Games Hardware

Kaufberatung CPUs

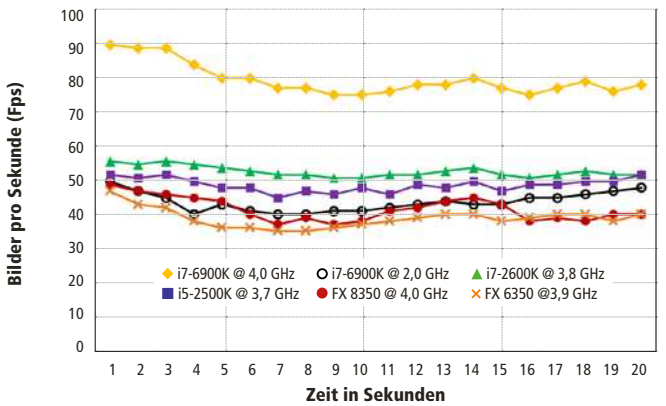
Warten lohnt sich speziell angesichts des Ryzen-Launches. Sind selbst dessen mögliche Auswirkungen auf das Preisgefüge für Sie uninteressant, greifen Sie im Bereich bis 120 Euro zu AMDs FX-8300 und sind sich bewusst, in eine tote Plattform zu investieren. Bis 250 Euro wählen Sie den i5-7600K, bis maximal 350 Euro gibt's den i7-7700K für die unmittelbare Zukunft, mittelfristig lohnt sich jedoch ein Sechskerner.

Prozessor	Intel Core i3-6100	AMD FX-9590	AMD FX-8370	AMD FX-8300	Intel Pentium G4560
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1329935	www.pcgh.de/preis/973468	www.pcgh.de/preis/1155953	www.pcgh.de/preis/1156019	www.pcgh.de/preis/1558362
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 115 Euro/befriedigend	Ca. 190 Euro/ausreichend	Ca. 170 Euro/ausreichend	Ca. 110 Euro/befriedigend	Ca. 60 Euro/sehr gut
Für Mainboards mit Sockel …	LGA 1151	AM3+ (942 Kontakte)	AM3+ (942 Kontakte)	AM3+ (942 Kontakte)	LGA 1151
Codename	Skylake-S	Vishera (Piledriver)	Vishera (Piledriver)	Vishera (Piledriver)	Kaby Lake-S
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	2 (4), wie Kerntakt	4 (8), 2.400 MHz	4 (8), 2.200 MHz	4 (8), 2.200 MHz	2 (4), ab Werk bis 3,2 GHz
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,7 GHz	4,7 GHz (4,8 bis 5,0 GHz)	4,0 GHz (4,1 bis 4,3 GHz)	3,3 GHz (3,6 bis 4,2 GHz)	3,5 GHz
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	16 KiByte/64 KiByte	16 KiByte/64 KiByte	16 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/3 MiByte	2.048 KiByte/8 MiByte	2.048 KiByte/8 MiByte	2.048 KiByte / 8 MiByte	256 KiByte/3 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	1.200 Millionen, 32 nm, 315 mm²	1.200 Millionen, 32 nm, 315 mm²	1.200 Millionen, 32 nm, 315 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,79**	**2,38**	**2,38**	**2,38**	**2,19**
Grafikeinheit	HD Graphics 530 (bis zu 1,05 GHz)	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	HD Graphics 610 (bis zu 1,05 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX, AES, XOP, FMA3/4	SSE bis 4.2, AVX, AES, XOP, FMA3/4	SSE bis 4.2, AVX, AES, XOP, FMA3/4	SSE bis 4.2, AES
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	16× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**3,24**	**3,76**	**3,57**	**3,46**	**3,60**
Offener Multiplikator*	Nein	Ja (bis 31,5)	Ja (bis 31,5)	Ja (bis 35)	Nein
Übertaktung per Referenztakt?*	Stark eingeschränkt	Ja	Ja	Ja	Stark eingeschränkt
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	2× DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (ECC opt.)	2× DDR3-1866 (ECC opt.)	2× DDR3-1866 (ECC opt.)	2× DDR3-1866 (ECC opt.)	2× DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	51 Watt	220 Watt	125 Watt	95 Watt	54 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	21 Watt	40 Watt	39 Watt	38 Watt	19 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	188/221/216 Watt	339/441/409 Watt	284/359/339 Watt	243/295/288 Watt	179/210/207 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	208 Watt	383 Watt	318 Watt	270 Watt	201 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	94 Watt	309 Watt	227 Watt	180 Watt	99 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**3,24**	**2,92**	**3,09**	**3,33**	**3,35**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	57,2%	59,4%	55,1%	49,5%	55,0%
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	29,8%	46,2%	42,2%	36,3%	26,9%
FAZIT	⊕ Befriedigende Spieleleistung ⊕ Sehr sparsamer Betrieb ⊖ Praktisch keine Tuningoptionen	⊕ Hohe Allroundleistung ⊖ Wenig Tuning möglich ⊖ Extrem stromdurstig	⊕ Befriedigende Allroundleistung ⊕ Vielfältiges Tuningpotenzial ⊖ Stromdurstig auch ohne OC	⊕ Bestes Preis-Leistungs-Verhältnis unter den AMD-Viermodulern ⊖ Nicht sonderlich effizient	⊕ Budget-Tipp ⊕ Sparsam, nicht hocheffizient ⊖ Praktisch keine Tuningoptionen
	Wertung: **2,95**	Wertung: **2,98**	Wertung: **3,04**	Wertung: **3,16**	Wertung: **3,17**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Battlefield 1: CPU-Leistung mit Direct X 12

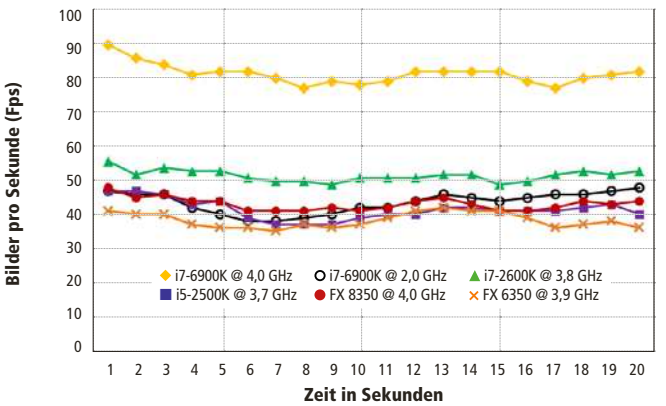
BF1 MP „Rand des Reichs" (720p), Ultra-Details, 25 % Auflösungsskalierung



System: CPU-Takte @ max. Turbo (s. Legende), 16/32 GiByte RAM (8 pro Kanal), R9 Fury X (16.11.3 Hotfix), Win 10 x64 (1607) **Bemerkungen:** Im DX12-Renderpfad profitiert vor allem der Hyperthreading-Lose i5-2500K (und der i7-2600K) von der effizienteren Ressourcennutzung, während die anderen CPUs minimal Fps verlieren.

Battlefield 1: CPU-Leistung mit Direct X 11

BF1 MP „Rand des Reichs" (720p), Ultra-Details, 25 % Auflösungsskalierung



System: CPU-Takte @ max. Turbo (s. Legende), 16/32 GiByte RAM (8 pro Kanal), R9 Fury X (16.11.3 Hotfix), Win 10 x64 (1607) **Bemerkungen:** Der Worst-Case „Rand des Reichs" ist (in äußerst geringer Auflösung) von der CPU-Leistung extrem abhängig, skaliert aber prächtig mit zusätzlichen Kernen.

LC-POWER™

www.lc-power.com

Gaming 986S

Gaming 986B

Dark & White Shadow

Erleben Sie eine Kreation von zeitloser Eleganz!
Hergestellt aus hochwertigen Materialien!
Die neuen Aluminium-Gaming-Gehäuse von LC-Power!

- 2x USB 3.0, 2x USB 2.0
- inkl. zwei Gehäuselüfter *(blau (986B) bzw. rot (986S) beleuchtet)*
- Seitenteile aus Hartglas
- Front-Top-Panel aus Aluminium
- vielfältige Lüfter- & Radiatoreinbaumöglichkeiten
- bis zu acht Festplatten montierbar *(5x 3,5" und 3x 2,5")*

Find us on Facebook
facebook.com/lcpower.germany

LC-Power-Produkte u.a. erhältlich bei: Bora-Computer.de - Cyberport.de | .at - KMComputer.de - Mindfactory.de - Reichelt.de - Brack.ch - Digitec.ch - Steg-Electronics.ch

Grafikkarten-Kaufberatung

Die Grafikkarte ist der Leistungsträger eines jeden Spiele-PCs. PCGH verrät, auf welche Merkmale es ankommt, und gibt konkrete Produktempfehlungen.

So wichtig der Hauptprozessor ist, beim Genuss moderner PC-Spiele hat die Leistung der Grafikkarte größere Auswirkungen auf die Bildrate und vor allem auf die Bildqualität. In diesem Artikel vermitteln wir die wichtigsten Grundlagen und geben darüber hinaus konkrete Produktempfehlungen – inklusive direkter Gegenüberstellung der Ökosysteme von AMD (Radeon) und Nvidia (Geforce).

Empfehlungen: Die richtige Grafikkarte für Ihren Bildschirm

Auflösung	Megapixel	Seitenverhältnis	Empfohlener Grafikspeicher	Empfohlene Grafikkarten (Minimum)
1.680 × 1.050	1,76	16:10	4.096 MiByte	Radeon RX 470, Geforce GTX 1050 Ti OC
1.920 × 1.080	2,07	16:9	4.096 MiByte	Radeon RX 470, Geforce GTX 1050 Ti OC
1.920 × 1.200	2,30	16:10	4.096 MiByte	Radeon RX 470, Geforce GTX 1050 Ti OC
2.560 × 1.080	2,76	21:9	4.096 MiByte	Radeon RX 480/4G, Radeon RX 470 OC
2.560 × 1.440	3,69	16:9	6.144/8.192 MiByte	Radeon RX 480/8G, Geforce GTX 1060/6G
2.560 × 1.600	4,10	16:10	6.144/8.192 MiByte	Radeon RX 480/8G, Geforce GTX 1060/6G
3.440 × 1.440	4,95	21:9	8.192 MiByte	Geforce GTX 1070
3.840 × 1.600	6,14	~21:9	8.192 MiByte	Geforce GTX 1080, Geforce GTX 1070 OC
3.840 × 2.160	8,29	16:9	8.192/12.288 MiByte	Geforce GTX 1080 OC, Titan X (Pascal)
4.096 × 2.160	8,85	17:9	8.192/12.288 MiByte	Geforce GTX 1080 OC, Titan X (Pascal)
5.120 × 2.880	14,75	16:9	12.288 MiByte	Titan X (Pascal)

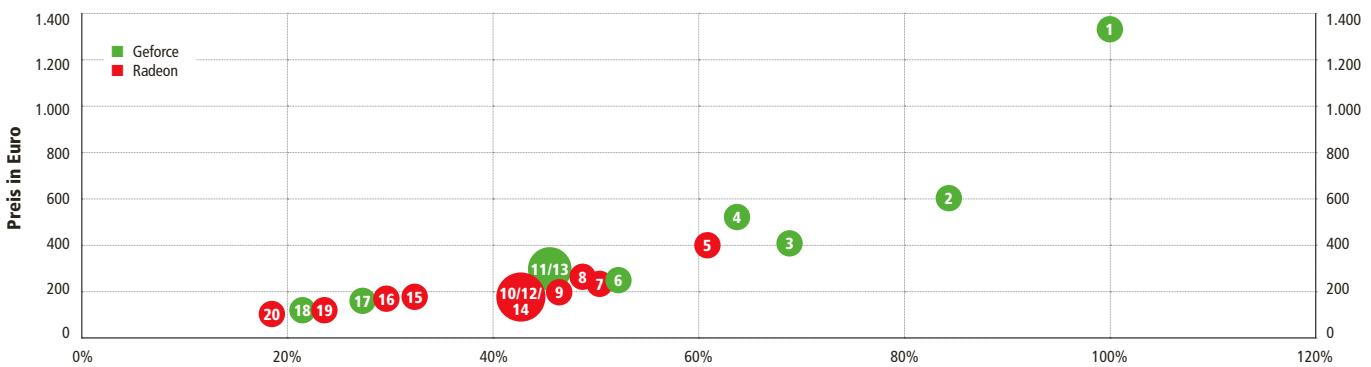
Je höher die Auflösung, desto mehr Arbeit für die GPU und desto mehr Daten fallen für die Bildpuffer an. Moderne Spiele belegen davon unabhängig viel Speicher für Texturdaten, daher sollte eine Grafikkarte für maximale Details in aktuellen Spielen *mindestens* 4 GiB besitzen.

Rendering: die Basics

Beginnen wir mit etwas Theorie den Render-Prozess betreffend, damit Sie Ihren Computer im Verhältnis zu Ihren Spielgewohnheiten besser einschätzen können. Grundsätzlich können beim Spielen zwei Extreme auftreten: ein Prozessor- oder ein Grafikkartenlimit. In der Praxis sind die Übergänge fließend, absolute Limits herrschen nicht vor – zumindest bei ausgewogenen PCs und verbreiteten Auflösungen. Die wichtigste Information ist die Aufgabenverteilung: Der Hauptprozessor kümmert sich um grundlegende Berechnungen und befehligt außerdem die Grafikkarte. Sein Arbeitsaufkommen ist auflösungsunabhängig: Spielwelt, künstliche Intelligenz, Physik und Soundkulisse erfordern in Full HD denselben Arbeitsaufwand wie in Ultra HD. Ist die CPU mit ihren Aufgaben überfordert, muss die Grafikkarte Wartezyklen einschieben; man spricht dann von einem Prozessorlimit. Ein solches tritt vor allem bei Spielen auf, die aufwendige Berechnungen erfordern, beispielsweise Echtzeitstrategie-/Aufbauspiele, bei denen unzählige Einheiten durch die Gegend wuseln, aber auch Multiplayer-Gefechte im Stil von Battlefield 1, in denen Position und Handlungen von bis zu 64 Spielern koordiniert werden müssen. Im absoluten (und recht theoretischen) CPU-Limit lassen sich Auflösung, Kantenglättung, Texturfilterung und Umgebungsverdeckung beliebig erhöhen, die Bildrate bleibt identisch.

Ist der Prozessor leistungsfähiger als die Grafikkarte, wendet sich das Blatt. Läuft das Spiel in 1.280 × 720 ohne Kantenglättung (AA) und hochwertige Texturfilterung (AF) wesentlich flüssiger als in 1.920 × 1.080 mit allen Schmankerln, herrscht ein GPU-Limit vor. Ursächlich dafür ist die pixelbasierte Arbeit der Grafikkarte: Je höher die Auflösung, desto mehr Bildpunkte muss die Grafikkarte fertigstellen. Wer in hohen Auflösungen wie WQHD oder Ultra HD spielt, benötigt daher ungleich mehr Grafikleistung und -speicher als Zocker, die vor einem Full-HD-LCD sitzen. Ein CPU-Limit ist bei hohen GPU-Anforderungen dagegen kaum zu erreichen bzw. zu befürchten.

Preis/Leistung: 20 aktuelle Grafikkarten zwischen rund 100 und 1.360 Euro

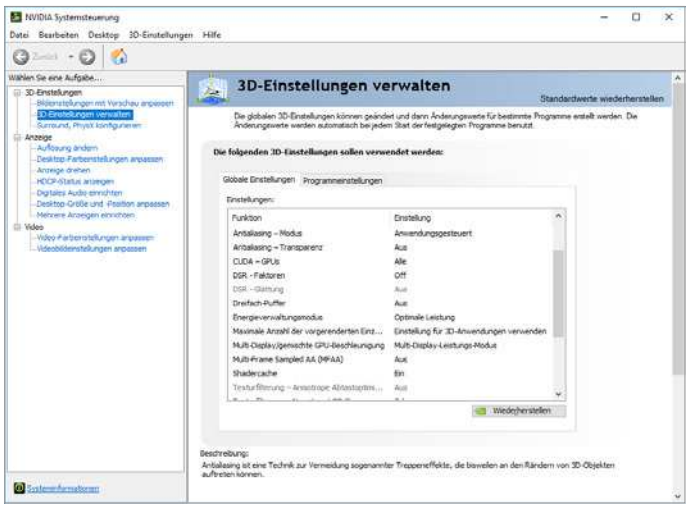


	Grafikkarte	Index Preis/Leistung	Leistungsindex	Index Open CL	Circa-Preis in Euro
9	AMD Radeon RX 480/4G	100%	46,4%	77,4%	200
14	AMD Radeon RX 470/4G	94,8%	41,8%	65,7%	190
11	Nvidia Geforce GTX 1060/3G	89,3%	43,5%	51,8%	210
7	AMD Radeon RX 480/8G	84,7%	49,1%	77,4%	250
6	Nvidia Geforce GTX 1060/6G	82,7%	49,9%	54,0%	260
15	AMD Radeon R9 380/4G	80,9%	31,9%	53,5%	170
17	Nvidia Geforce GTX 1050 Ti/4G	80,6%	27,1%	31,9%	145
13	Nvidia Geforce GTX 970/3,5+0,5G	79,1%	42,2%	47,7%	230
18	Nvidia Geforce GTX 1050/2G	77,6%	21,6%	28,3%	120
19	AMD Radeon RX 460/4G	77,2%	21,5%	36,5%	120

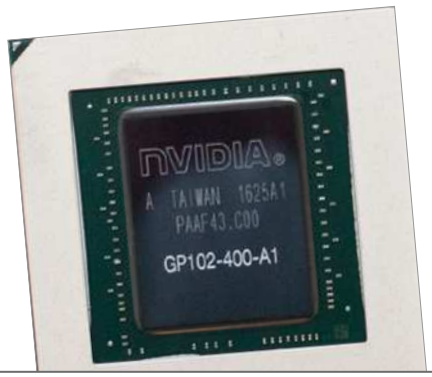
	Grafikkarte	Index Preis/Leistung	Leistungsindex	Index Open CL	Circa-Preis in Euro
12	AMD Radeon RX 470/8G	76,9%	42,8%	65,7%	240
20	AMD Radeon RX 460/2G	76,4%	18,6%	36,5%	105
10	AMD Radeon R9 290/4G	75,7%	43,9%	81,8%	250
3	Nvidia Geforce GTX 1070/8G	74,1%	68,8%	68,7%	400
16	AMD Radeon R9 380/2G	70,5%	27,8%	53,5%	170
8	AMD Radeon R9 390/8G	69,8%	48,6%	91,6%	300
5	AMD Radeon R9 Fury X/4G	64,0%	60,9%	100%	410
2	Nvidia Geforce GTX 1080/8G	60,6%	84,3%	75,1%	600
4	Nvidia Geforce GTX 980 Ti/6G	59,7%	63,7%	62,7%	460
1	Nvidia Titan X (Pascal)/12G	31,7%	100%	84,6%	1360

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Die Zahlen in der ersten Spalte verraten die Platzierung im PCGH-Leistungsindex, die Farbe den GPU-Hersteller (Rot = AMD, Grün = Nvidia).

Nvidia Geforce



Nvidias Treiberoberfläche erinnert optisch an Windows XP und wurde mit den Jahren immer träger, bietet jedoch unzählige Optionen auf einem Fleck.



Kaufen Sie eine Nvidia Geforce, wenn Sie ...

- ... ein G-Sync-Display nutzen möchten.
- ... sich höchstmögliche Leistung wünschen – AMD hat noch kein Pendant zur GTX 1070/1080 (Ti) & Titan X veröffentlicht.
- ... Wert auf CUDA legen (u. a. GPU-Physx wie in Mafia 2, Batman: Arkham Knight und Borderlands 2).
- ... diverse Spiele (u. a. GTA 5, AC Syndicate und Watch Dogs 2) mit dem hochwertigen TXAA aufwerten möchten.
- ... das flexibelste Downsampling (DSR) in allen Spielen nutzen möchten.
- ... Zugriff auf AA-/SLI-Bits, versteckte Anti-Aliasing-Modi etc. wünschen (benötigt das 3rd-Party-Tool Nvidia Inspector).
- ... sich die Option auf SLI (Multi-GPU) freihalten wollen.

Seit 1999 steht Nvidias Marke Geforce für hohe – aber nicht immer die höchste – Grafikleistung. Mit den Titan-Modellen haben die Kalifornier seit 2013 auch das Ultra-Hochpreissegment erfolgreich erschlossen. Wer eine Nvidia-Grafikkarte kauft, legt gewöhnlich Wert auf das dazugehörende Ökosystem wie die Treiberfunktionen, besitzt einen G-Sync-Bildschirm oder verwendet die proprietäre CUDA-Schnittstelle.

Preis vs. Leistung

Wie Sie der Preis-Leistungs-Grafik auf Seite 2 dieses Artikels entnehmen, bieten aktuelle Geforce-Grafikkarten mit Pascal-Architektur eine hohe Leistung, im Mittel aber nicht das bestmögliche Preis-Leistungs-Verhältnis. Nvidia ist sich seiner Marktmacht und loyalen Anhängerschaft bewusst und daher nicht auf Kampfpreise angewiesen.

In der Regel sinken die Preise einige Monate nach Marktstart, so auch bei den High-End-Grafikkarten Geforce GTX 1070 und GTX 1080. Während Erstere mittlerweile unter 400 Euro zu haben ist und damit ein akzeptables Preis-Leistungs-Verhältnis aufweist, haftet der GTX 1080 nach wie vor der Topmodell-Aufschlag an, obwohl sie streng genommen keines mehr ist. Die GTX 1080 kann sich im PCGH-Leistungsindex um 25 Prozent von der GTX 1070 distanzieren, ist jedoch um ca. 50 Prozent teurer, ohne weitere Vorteile (etwa bei der Speicherkapazität) zu bieten. Beide Grafikkarten profitieren von ihrer konkurrenzlosen Position: Da AMDs Antwort auf den GP104-Chip noch bis zum zweiten Quartal 2017 auf sich warten lässt, führt auf der Suche nach der höchsten noch bezahlbaren Leistung kein Weg an ihnen vorbei. „Bezahlbar" ist ein dehnbarer Begriff. Nvidia testet seit 2013, wie dehnbar das Portemonnaie der eigenen Kundschaft ist. Die ersten Titan-Grafikkarten eröffneten erfolgreich das 1.000-Euro-Segment, das amtierende Topmodell Titan X (Pascal) kostet ogar 1.359 Euro. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist infolgedessen miserabel, die absolute Leistung dieses Over-the-top-Modells aber konkurrenzlos.

Kurz vor Redaktionsschluss und somit zu spät für einen Test kündigte Nvidia die Geforce GTX 1080 Ti an, welche für rund 820 Euro die Leistung der Titan X sowie 11 GiByte Speicher – das ist kein Tippfehler – bietet. Die Boardpartner dürfen eigene Designs der GTX 1080 Ti inklusive werkseitiger Übertaktung veröffentlichen. Preisnachlässe der GTX 1080 und GTX 1070 komplettieren Nvidias Frühjahrskollektion.

Ökosystem

Nvidia setzt im Gegensatz zum Mitbewerber AMD bevorzugt auf proprietäre Technologien. Neben der Cuda-Schnittstelle, mit der sich wie bei Open CL Berechnungen abseits klassischen Renderings durchführen lassen und zu denen auch GPU-Physikbeschleunigung (Physx) gehört, treiben die Kalifornier ihre Gameworks-Bibliotheken sowie die G-Sync-Technologie voran. Hinter Gameworks stecken Code-Bausteine, die Spiele-Entwickler in ihre Werke implementieren können, beispielsweise für sehenswerten Wellengang, lebensnahes Haar oder hochwertige Kantenglättung. Die letztgenannten beiden Funktionen kennen Spieler als Hairworks (in The Witcher 3) und TXAA (u. a. GTA 5). Daneben bietet Nvidia mit Gameworks VR Entwicklern passende Bibliotheken. Das „VR ready"-Siegel kennzeichnet VR-taugliche Grafikkarten; Nvidia empfiehlt eine GTX 1060 und besser.

Wer mit einer Geforce eine variable Bildaktualisierungsrate nutzen möchte, muss bei Monitoren einen Aufpreis für G-Sync bezahlen, da Nvidia keine Unterstützung für das konkurrierende Adaptive Sync implementiert.

Empfehlenswerte G-Sync-Monitore

Hersteller	Modell	Diagonale/Panel/Auflösung	Bildwiederholrate	Circa-Preis	Test in ...
Asus	ROG Swift PG348Q	34 Zoll/IPS/3.440 × 1.440	100 Hertz	€ 1.150,-	www.pcgh.de
Asus	ROG Swift PG27AQ	27 Zoll/IPS/3.840 x 2.160	60 Hertz	€ 850,-	www.pcgh.de
Viewsonic	XG2703-GS	27 Zoll/IPS/2.560 × 1.440	165 Hertz	€ 850,-	PCGH 04/2017
Dell	S2716DG	27 Zoll/TN/2.560 × 1.440	144 Hertz	€ 580,-	www.pcgh.de
AOC	Agon AG241QG	24 Zoll/TN/2.560 × 1.440	165 Hertz	€ 520,-	PCGH 04/2017

AMD Radeon

Der Markenname Radeon wurde im Jahr 2000 noch unter der ATI-Flagge eingeführt (siehe History-Artikel in dieser Ausgabe) und mauserte sich im Laufe der Zeit zur einzigen ernsthaften Geforce-Alternative. 2006 wurden die Kanadier von AMD übernommen, doch die Marke Radeon hat bis heute Bestand. Wer sich für eine Radeon entscheidet, legt gewöhnlich Wert auf ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, verwendet ein Freesync-Display und kann die meist überdurchschnittliche Rechenleistung der AMD-GPUs mithilfe von Open-CL-Anwendungen nutzen.

Preis-Leistung

Die Preis-Leistungs-Grafik auf Seite 2 dieses Artikels offenbart eine Radeon-Dominanz: In den Top 10 befinden sich sechs Radeon-Modelle, darunter die wichtigen Plätze 1 und 2. Doch auch auf den höheren Rängen hat AMD gute Karten, denn weder die Geforce GTX 970 noch die GTX 1060 3GB können wir bedenkenlos empfehlen: Über beiden Geforce-Chips schwebt ein Damoklesschwert aufgrund nicht zukunftssicherer Speicherkapazität. Wir raten Spielern beim Neukauf grundsätzlich dazu, bei 4 GiByte einzusteigen und nach Möglichkeit zu einer 8- oder 6-GiByte-Karte zu greifen. Diese sind ab circa 250 Euro in Form der RX 480/8G und GTX 1060/6G erhältlich, wobei die AMD-Karte dank des größeren RAMs den längeren Atem haben wird – in der PCGH 10/2016 begründen wir mithilfe unzähliger Analysen diese Aussage.

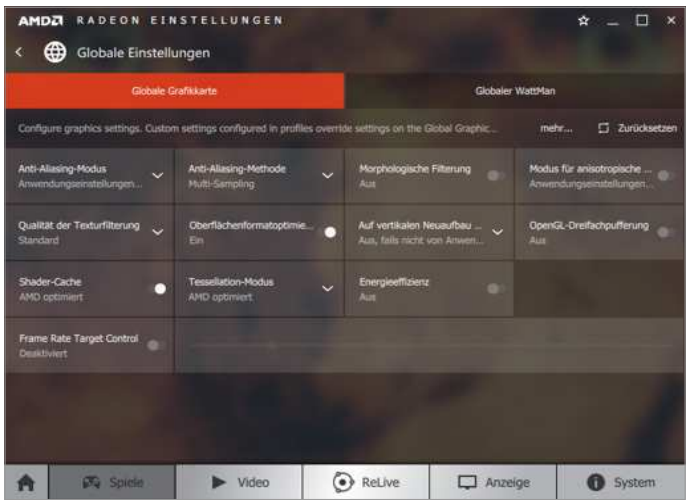
So gut RX 470 und RX 480 aus Preis-Leistungs-Sicht sind, in den übrigen Marktsegmenten gibt Nvidia den Ton an. Sowohl bei den Einsteiger-Grafikkarten ab 100 Euro als auch jenseits von 300 Euro fehlen AMD schlagkräftige Argumente. So erreichen übertaktete RX-460-Modelle zwar das Leistungsniveau der GTX 1050, ihre Energie-Effizienz ist jedoch wesentlich schwächer. Man könnte sagen, das falle angesichts der geringen Zahlen kaum ins Gewicht – 50 zu maximal 100 Watt –, doch wer eine günstige (HTPC-) Grafikkarte sucht, legt mit Gewissheit Wert auf genau diese Unterschiede, zumal sich diese direkt auf die Lautheit des Kühlsystems auswirken. RX-460-Modelle sind etwas lauter als jene mit GTX 1050 (Ti).

Richtig ist, dass AMD mit der R9 Fury und Fury X Grafikkarten jenseits von 300 Euro anbietet, aufgrund der technischen Limitierung auf 4 GiByte Speicher sowie der hohen Leistungsaufnahme jenseits von 250 Watt sind diese jedoch nur eingeschränkt zu empfehlen. Zur Orientierung: Die Leistung einer R9 Fury ist im Mittel mit einer RX 480/4G @ 1.350 MHz vergleichbar. Eine Fury X ist in WQHD zwischen fünf und zehn Prozent schneller, hat jedoch in Full HD Auslastungsprobleme und kann daher mitunter hinter RX-480-Karten fallen. Nach wie vor einzigartig ist die Radeon R9 Nano: Der HBM-Kampfzwerg bringt RX-480-OC-Leistung in 15,3 Zentimeter Baulänge bei weniger als 200 Watt Verbrauch unter.

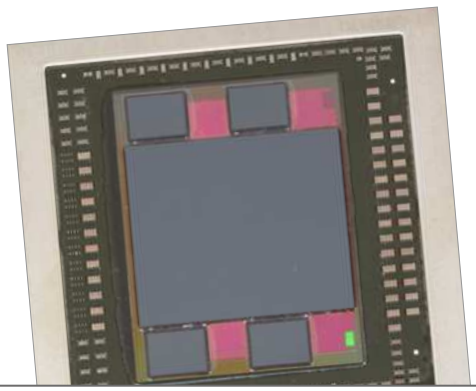
Ökosystem

AMD konzentriert sich im Gegensatz zu Nvidia auf offene Standards. Die wichtigste Technologie in diesem Kontext ist Adaptive Sync, das durch AMD und das Standardisierungsgremium VESA zertifiziert wurde und von AMD unter dem Namen Freesync vermarktet wird. Freesync-LCDs sind aufgrund fehlender Zusatzkosten (für das G-Sync-Board) sowohl günstiger als auch zahlreicher am Markt vertreten als G-Sync-Panele.

In Sachen Virtual Reality gibt AMD mit Liquid VR Entwicklern ein entsprechendes Toolkit an die Hand. Das „VR Premium"-Logo kennzeichnet Produkte, die AMD für eine flüssige VR-Erfahrung empfiehlt (Radeon R9 290 und besser).



AMDs Treiberoberfläche bietet seit Ende 2015 einen modernen Look, wurde mit der Crimson-Relive-Edition just weiter verbessert und ist reaktionsschnell.



Kaufen Sie eine AMD Radeon, wenn Sie ...

- ... ein Freesync-Display nutzen möchten.
- ... die Sparfunktion Zero Core Power im Leerlauf nutzen möchten (wenn der Bildschirm abschaltet, tut es auch die Grafikkarte -> Verbrauch unter 5 Watt).
- ... auf die Vorteile der Mantle-API (u. a. in Dragon Age Inquisition und Plants versus Zombies: Garden Warfare) aus sind.
- ... AMDs Virtual Super Resolution (VSR) nutzen möchten – funktioniert im Gegensatz zu DSR jedoch nicht mit allen Bildschirmen, u. a. 21:9-Support fehlt.
- ... im Rahmen des Treiberlieferumfangs übertakten und Videos/Screenshots erstellen möchten (Wattman und Relive).
- ... viele DX12-/Vulkan-Titel spielen – AMD-GPUs blühen hier auf.
- ... Crossfire X (Multi-GPU) nutzen möchten.

Empfehlenswerte Freesync-Monitore

Hersteller	Modell	Diagonale/Panel/Auflösung	Bildwiederholrate	Circa-Preis	Test in …
LG	34UC79G-B	34 Zoll/IPS/2.560 × 1.080	144 Hertz	€ 670,-	www.pcgh.de
Samsung	U28E850R	28 Zoll/TN/3.840 × 2.160	60 Hertz	€ 500,-	PCGH 08/2015
Asus	MG278Q	27 Zoll/TN/2.560 × 1.440	144 Hertz	€ 500,-	PCGH 04/2017
Iiyama	GB2783QSU	27 Zoll/TN/2.560 × 1.440	75 Hertz	€ 320,-	PCGH 04/2017
AOC	Agon AG241QX	24 Zoll/TN/2.560 × 1.440	144 Hertz	€ 380,-	PCGH 04/2017

Karten für 190, 400 und 1.359 Euro: Diese Qualität gibt's bei 60 Fps

Eine schnelle Grafikkarte erreicht höhere Bildraten als eine langsame, das ist bekannt. Ein Upgrade der GPU kann jedoch zu einem unausgewogenen Systen führen – wenn der Hauptprozessor limitiert, steigt die Bildrate nicht wie erhofft. Es gibt Auswege: Höhere bzw. „zu hohe" Grafikleistung lässt sich immer in ein hübscheres Bild investieren. Bei einem Prozessor funktioniert das nicht, hier lassen sich nicht mal eben eine höhere Sichtweite oder eine bessere künstliche Intelligenz (KI) zuschalten. Am effektivsten, jedoch mit weiterem Finanzaufwand verbunden, ist der Wechsel auf einen feiner auflösenden Bildschirm: Ultra HD oder Ultrawide-QHD (21:9) verpassen jedem Spiel einen neuen Anstrich. Doch auch mit demselben LCD sind beachtliche Qualitätssprünge möglich. Aktivieren Sie in den Grafiktreibern Dynamic Super Resolution (DSR; Nvidia) respektive Virtual Super Resolution (VSR; AMD), können Sie in Spielen höhere Pixelmengen berechnen lassen. Das Bild wird vor der Ausgabe heruntergerechnet und erstrahlt in neuem Glanz. Im Bildvergleich unten haben wir einen anderen Ansatz verfolgt: Drei Grafikkarten – 190, 400 und 1.359 Euro teuer – sollen The Witcher 3 mit rund 60 Fps und natürlich möglichst sehenswert darstellen. Die Quintessenz: Je mehr Geld Sie investieren, desto hübscher erstrahlt CD Projekts Meisterwerk.

RX 470: Full HD, HBAO+, Hairworks aus

GTX 1070: WQHD, SSAO, Hairworks an

Titan X-P: UHD, SSAO, Hairworks an

Samsung SSD 960 PRO/EVO
Neue Horizonte entdecken
www.samsung.de/SSD

Kaufberatung und Produktempfehlungen

Der Einsatzzweck bestimmt maßgeblich, welche Grafikkarten-Preis- und Leistungsklasse infrage kommt. Falls Sie an das Schreiben von Texten, Youtube und gelegentlich eine Runde League of Legends denken, genügen sehr günstige Grafikkarten oder sogenannte Integrated Graphic Processors (IGPs). Letztere sind Bestandteil zahlreicher Notebooks sowie Hauptprozessoren, etwa AMDs A- und Intels Core-i-Serien (Sockel 2011 ausgenommen). Da integrierte Grafikchips den verhältnismäßig langsamen Hauptspeicher als Datenpuffer nutzen müssen, ist ihre Leistung geringer als bei den meisten Spar-Grafikkarten. Je größer Ihr Spielwunsch ist, desto potenter sollte auch die eingesetzte Grafikeinheit sein – keine IGP stemmt Grafikbomben wie Battlefield 1 oder The Witcher 3 mit allen Details ruckelfrei. Wenn Sie außerdem Wert auf hochwertig gefilterte Texturen (AF) und Kantenglättung (AA) legen, steigt der Anspruch an die Graphics Processing Unit (GPU) nochmals an.

Monitoranschlüsse

Aktuelle Grafikkarten verfügen über eine Vielzahl von Ausgängen zum Betrieb von Monitoren (siehe unten). In der Regel wird eine Mischung aus älteren und modernen Standards geboten. Ausnahmen wie AMDs Fury X verzichten bereits auf Altlasten und bieten lediglich Displayport-Ausgänge.

Sicher ist, dass die Tage des steinalten D-Sub (VGA) gezählt sind, die aktuellen GPU-Generationen von AMD und Nvidia geben ihre Signale ausschließlich digital aus. Aus diesem Grund geht es auch dem VGA-Nachfolger DVI an den Kragen. Lange Zeit war DVI-I auf allen Grafikkarten zu finden, ein Standard, der Bildschirme sowohl mit analogen als auch digitalen Daten befeuern kann. Die mit den Jahren gestiegenen Anforderungen riefen neue Ausgänge auf den Plan: HDMI und Displayport (DP). Beide Standards arbeiten rein digital und können neben Bild- auch Tondaten übertragen. Wer einen modernen PC-Monitor kauft, kommt mittlerweile nicht um diese Schnittstellen herum, da neue Technologien wie erhöhte/dynamische Bildwiederholraten und höhere Auflösungen zwingend auf die neuen Übertragungsstandards angewiesen sind. Wer eine Pascal- oder Polaris-Grafikkarte kauft – das sind die aktuellen RX-400- und GTX-10-Modelle –, erhält damit Zugriff auf HDMI 2.0b sowie Displayport 1.4. Letzterer ermöglicht es beispielsweise, ein UHD-Display mit 120 Hz anzusteuern oder HDR-Farbtiefe auszugeben. Jetzt fehlt nur noch die Flut entsprechender Bildschirme.

Virtuelle Realität

Auch zum Ansteuern eines Head-Mounted Device (HMD), um damit in VR-Welten abzutauchen, benötigen Sie eine moderne Grafikkarte mit HDMI 1.4; damit funktionieren die Oculus Rift und HTC Vive am besten. Letztere lässt sich auch via Displayport anschließen, diverse Problemberichte im Internet lassen jedoch darauf schließen, dass HDMI die erste Wahl für VR-Brillen darstellt.

Was die Leistungsfähigkeit der Grafikeinheiten angeht, gilt: Je mehr, desto besser. Da bei VR-Headsets pro Auge ein Bild zu berechnen ist, fällt viel Arbeit für die GPU an. AMD und Nvidia haben auf ihren Websites entsprechende VR-Übersichtsseiten angelegt, auf denen Empfehlungen und Tipps zu finden sind. Demzufolge leisten eine Radeon R9 290 und Geforce GTX 1060 gute VR-Dienste.

Nvidia setzt die Mindestanforderung für VR höher an als AMD, im Jahr 2015 wurde jedoch noch eine Geforce GTX 970 genannt. Selbstverständlich laufen VR-Anwendungen auch mit langsameren Grafikkarten, allerdings wirken sich unregelmäßige oder geringe Bildraten im virtuellen Raum deutlich gravierender auf Spielspaß und Wohlbefinden aus, weshalb Sie die Empfehlungen beherzigen sollten. Falls Sie sich für den Neukauf eines VR-Gerätes entschieden haben, legen Sie am besten noch eine 300-Euro-Grafikkarte in den Warenkorb.

Display-Anschlüsse im Überblick

Zur Ansteuerung eines modernen Bildschirms kommt man nicht um Displayport und HDMI herum. Doch viele ältere Computer setzen noch auf die Standards DVI-D respektive DVI-I und, im Falle echter Museumsstücke, den leuchtend blauen D-Sub. PC Games Hardware erläutert die Vor- und Nachteile eines jeden Standards.

D-Sub (alias VGA)

D-Sub ist ein Relikt vergangener Tagen. Die analoge Schnittstelle war von Ende der 1980er-Jahre bis zur Jahrtausendwende Standard und kann, wie DVI, nur Bilddaten übertragen.

DVI-I

DVI-I beherrscht neben analoger auch die digitale Datenübertragung. Single-Link-Kabel erreichen 1.920 × 1.080 Pixel mit 60 Hertz, mit Dual-Link sind bis zu 2.560 × 1.600 Pixel möglich.

DVI-D

DVI-D(igital) kann keine analogen Daten übertragen, ansonsten unterscheidet sich dieser Standard nicht von DVI-I. DVI-D findet sich auf fast jeder aktuellen Grafikkarte, stirbt jedoch aus.

HDMI

HDMI stammt aus der Multimedia-Sparte, verbreitete sich aber auch am PC. Der Standard kann Bild und Ton übertragen, unterliegt Displayport (1.3+) jedoch hinsichtlich der max. Datenrate.

Displayport

Displayport ist ein relativ junger Standard, der seit 2012 auf jeder modernen Grafikkarte thront. Die aktuelle Version kommt auf Pascal- und Polaris-GPUs zum Einsatz und erlaubt u. a. HDR.

GPU-Leistungsindex: Top 20

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**
■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UHD | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Titan X (Pascal)
Takt: 1.531 MHz, 10 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 1.359 € (±0)
PLV: 30,1 %

100 %
100 %
100 %
100 %

AOS: 47/41/33 | CW: 95/87/51 | F1: 105/90/62 | MEC: 114/81/44 | TWW: 68/53/32
ACS: 89/64/36 | DMD: 113/79/42 | FO4: 152/108/55 | OW: 221/152/80 | ECR: 120/75/36
BI: 209/146/83 | DM: 198/158/81 | FCP: 105/80/49 | ROT: 104/75/42 | W3: 130/92/50
C3: 120/78/39 | TES: 236/212/130 | GTA: 69/54/31 | TTP: 133/102/61 | COP: 50,6

Geforce GTX 1080
Takt: 1.733 MHz, 10 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 600 € (±0)
PLV: 57,5 %

84,3 %
87,1 %
83,0 %
79,7 %

AOS: 44/36/30 | CW: 94/78/38 | F1: 98/82/53 | MEC: 97/68/36 | TWW: 67/48/26
ACS: 77/54/29 | DMD: 94/64/34 | FO4: 131/86/44 | OW: 176/120/63 | ECR: 94/59/27
BI: 170/121/63 | DM: 193/133/66 | FCP: 87/66/39 | ROT: 84/59/31 | W3: 109/76/40
C3: 95/60/30 | TES: 227/173/101 | GTA: 63/47/25 | TTP: 105/79/47 | COP: 44,9

Geforce GTX 1070
Takt: 1.683 MHz, 8 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 400 € (±0)
PLV: 70,4 %

68,8 %
72,4 %
66,2 %
63,7 %

AOS: 39/29/27 | CW: 93/62/30 | F1: 81/66/42 | MEC: 77/53/28 | TWW: 58/39/21
ACS: 64/44/24 | DMD: 75/50/26 | FO4: 106/70/36 | OW: 141/95/50 | ECR: 76/47/22
BI: 143/98/50 | DM: 159/103/51 | FCP: 68/51/30 | ROT: 66/45/24 | W3: 87/59/31
C3: 77/48/24 | TES: 197/143/84 | GTA: 53/38/20 | TTP: 83/63/37 | COP: 41,1

Geforce GTX 980 Ti
Takt: 1.075 MHz, 7 GT/s
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 520 € (+60)
PLV: 50,2 %

63,7 %
66,6 %
61,8 %
58,9 %

AOS: 31/24/22 | CW: 91/58/28 | F1: 75/62/40 | MEC: 69/48/20 | TWW: 55/38/20
ACS: 54/39/21 | DMD: 70/48/25 | FO4: 100/67/35 | OW: 134/90/47 | ECR: 72/45/21
BI: 143/99/51 | DM: 146/95/47 | FCP: 60/47/29 | ROT: 62/44/24 | W3: 79/54/29
C3: 74/47/23 | TES: 177/130/77 | GTA: 45/34/19 | TTP: 79/60/35 | COP: 37,5

Radeon R9 Fury X
Takt: 1.050 MHz, 1 GT/s
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Ca. 420 € (+10)
PLV: 59,4 %

60,9 %
60,9 %
57,5 %
54,7 %

AOS: 34/28/26 | CW: 85/59/30 | F1: 72/60/41 | MEC: 33/24/11 | TWW: 46/31/7
ACS: 49/30/13 | DMD: 72/49/23 | FO4: 82/57/29 | OW: 126/88/47 | ECR: 57/38/19
BI: 150/101/53 | DM: 170/110/56 | FCP: 58/47/31 | ROT: 49/37/22 | W3: 75/54/31
C3: 71/47/24 | TES: 132/104/66 | GTA: 42/31/14 | TTP: 81/62/38 | COP: 59,8

Radeon R9 390X
Takt: 1.050 MHz, 6 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 360 € (±0)
PLV: 59,8 %

52,6 %
51,9 %
48,8 %
48,3 %

AOS: 29/23/22 | CW: 78/51/25 | F1: 61/51/34 | MEC: 50/35/19 | TWW: 33/24/13
ACS: 39/27/15 | DMD: 63/43/23 | FO4: 67/46/24 | OW: 99/68/35 | ECR: 46/31/15
BI: 124/80/40 | DM: 139/91/45 | FCP: 50/40/26 | ROT: 44/33/19 | W3: 54/38/21
C3: 58/38/19 | TES: 121/94/59 | GTA: 37/28/15 | TTP: 68/53/31 | COP: 56,1

Geforce GTX 1060/6G
Takt: 1.709 MHz, 8 GT/s
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 260 € (±0)
PLV: 78,6 %

49,9 %
53,3 %
47,6 %
44,4 %

AOS: 30/21/20 | CW: 74/45/21 | F1: 61/49/31 | MEC: 56/38/16 | TWW: 43/28/15
ACS: 47/31/16 | DMD: 54/36/18 | FO4: 76/50/25 | OW: 100/67/35 | ECR: 53/33/15
BI: 113/72/36 | DM: 115/73/36 | FCP: 49/37/22 | ROT: 46/31/17 | W3: 61/41/22
C3: 56/35/17 | TES: 144/102/58 | GTA: 40/28/14 | TTP: 58/44/26 | COP: 32,3

Radeon RX 480/8G
Takt: 1.266 MHz, 8 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 240 € (-10)
PLV: 83,8 %

49,1 %
50,2 %
45,7 %
43,6 %

AOS: 27/22/21 | CW: 65/41/20 | F1: 63/52/33 | MEC: 53/36/19 | TWW: 35/24/13
ACS: 43/29/15 | DMD: 61/40/20 | FO4: 65/42/20 | OW: 98/66/34 | ECR: 44/28/13
BI: 111/70/34 | DM: 145/91/44 | FCP: 46/36/22 | ROT: 43/31/18 | W3: 60/41/22
C3: 51/32/15 | TES: 118/87/51 | GTA: 34/24/13 | TTP: 56/43/25 | COP: 46,3

Radeon R9 390
Takt: 1.000 MHz, 6 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 280 € (-20)
PLV: 71,1 %

48,6 %
47,6 %
44,8 %
44,6 %

AOS: 27/22/21 | CW: 74/48/23 | F1: 55/46/30 | MEC: 47/32/18 | TWW: 29/21/12
ACS: 35/25/14 | DMD: 58/40/21 | FO4: 63/44/23 | OW: 89/61/32 | ECR: 43/29/14
BI: 114/73/37 | DM: 126/82/42 | FCP: 46/37/23 | ROT: 40/30/17 | W3: 48/33/18
C3: 54/36/18 | TES: 111/85/53 | GTA: 34/26/14 | TTP: 62/48/29 | COP: 54,8

Radeon R9 290X
Takt: 1.000 MHz, 5 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

46,5 %
46,4 %
43,3 %
40,6 %

AOS: 26/21/20 | CW: 71/46/23 | F1: 56/47/31 | MEC: 28/20/11 | TWW: 29/21/7
ACS: 36/23/11 | DMD: 56/38/19 | FO4: 60/41/21 | OW: 92/62/31 | ECR: 42/28/14
BI: 111/71/35 | DM: 128/83/41 | FCP: 46/37/23 | ROT: 41/30/18 | W3: 50/35/19
C3: 53/35/17 | TES: 113/86/54 | GTA: 34/25/9 | TTP: 61/47/28 | COP: 51,7

Radeon RX 480/4G
Takt: 1.266 MHz, 7 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 190 € (-10)
PLV: 100 %

46,4 %
47,7 %
43,2 %
40,1 %

AOS: 27/21/20 | CW: 62/40/19 | F1: 62/51/32 | MEC: 30/22/14 | TWW: 34/23/7
ACS: 39/24/12 | DMD: 57/38/18 | FO4: 63/41/19 | OW: 96/66/34 | ECR: 43/27/13
BI: 108/68/33 | DM: 143/90/43 | FCP: 45/35/21 | ROT: 42/30/17 | W3: 59/40/21
C3: 49/31/14 | TES: 117/85/50 | GTA: 33/23/11 | TTP: 55/42/24 | COP: 46,3

Radeon R9 290
Takt: 947 MHz, 5 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

43,7 %
43,6 %
40,5 %
38,4 %

AOS: 25/20/19 | CW: 69/43/22 | F1: 51/42/27 | MEC: 28/20/11 | TWW: 27/20/11
ACS: 33/21/11 | DMD: 58/40/21 | FO4: 58/40/21 | OW: 82/57/29 | ECR: 40/26/13
BI: 106/68/34 | DM: 118/77/38 | FCP: 42/34/22 | ROT: 38/28/16 | W3: 45/32/17
C3: 50/33/16 | TES: 103/79/49 | GTA: 32/23/8 | TTP: 58/44/27 | COP: 48,9

Geforce GTX 1060/3G
Takt: 1.709 MHz, 8 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Ca. 200 € (-10)
PLV: 89,1 %

43,5 %
47,6 %
41,8 %
34,4 %

AOS: 27/20/13 | CW: 70/43/20 | F1: 55/43/27 | MEC: 32/21/11 | TWW: 40/25/6
ACS: 45/28/6 | DMD: 47/30/14 | FO4: 71/47/23 | OW: 93/62/32 | ECR: 49/30/13
BI: 108/69/34 | DM: 102/64/26 | FCP: 46/34/20 | ROT: 26/15/9 | W3: 57/38/20
C3: 53/33/16 | TES: 135/96/54 | GTA: 38/27/6 | TTP: 55/41/24 | COP: 31,0

Radeon RX 470/8G
Takt: 1.205 MHz, 6,6 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 230 € (-10)
PLV: 76,2 %

42,8 %
44,1 %
39,9 %
37,8 %

AOS: 26/20/19 | CW: 56/35/17 | F1: 57/46/29 | MEC: 47/32/17 | TWW: 31/21/11
ACS: 36/24/12 | DMD: 53/35/18 | FO4: 58/37/17 | OW: 85/58/29 | ECR: 39/25/12
BI: 98/61/30 | DM: 121/77/37 | FCP: 40/31/19 | ROT: 38/27/15 | W3: 53/36/19
C3: 45/28/13 | TES: 107/78/45 | GTA: 30/21/11 | TTP: 50/38/22 | COP: 39,3

Geforce GTX 970
Takt: 1.178 MHz, 7 GT/s
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5*
Preis: Ca. 250 € (+20)
PLV: 69,1 %

42,2 %
45,4 %
40,5 %
35,8 %

* 3.584 MiB (224 Bit)
+ 512 MiB (32 Bit)

AOS: 25/18/16 | CW: 64/38/18 | F1: 56/45/25 | MEC: 31/23/11 | TWW: 38/25/11
ACS: 40/26/11 | DMD: 46/32/16 | FO4: 69/45/23 | OW: 90/60/31 | ECR: 43/26/12
BI: 106/67/33 | DM: 105/66/31 | FCP: 43/31/17 | ROT: 33/22/13 | W3: 54/37/19
C3: 50/31/15 | TES: 122/88/50 | GTA: 34/24/7 | TTP: 52/39/22 | COP: 28,5

Radeon RX 470/4G
Takt: 1.205 MHz, 6,6 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 180 € (-10)
PLV: 95,1 %

41,8 %
43,3 %
39,2 %
35,8 %

AOS: 26/20/19 | CW: 57/36/17 | F1: 57/46/29 | MEC: 28/20/12 | TWW: 31/21/7
ACS: 36/24/11 | DMD: 52/35/16 | FO4: 58/37/18 | OW: 86/58/30 | ECR: 39/25/12
BI: 98/61/30 | DM: 121/77/37 | FCP: 40/32/19 | ROT: 38/27/10 | W3: 53/36/19
C3: 45/28/14 | TES: 107/77/45 | GTA: 30/21/10 | TTP: 50/38/23 | COP: 39,3

Geforce GTX 780 Ti
Takt: 928 MHz, 7 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

41,0 %
44,4 %
38,9 %
34,8 %

AOS: 23/18/15 | CW: 64/39/19 | F1: 52/43/27 | MEC: 28/19/11 | TWW: 36/12/4
ACS: 35/22/7 | DMD: 46/31/15 | FO4: 64/42/20 | OW: 90/61/31 | ECR: 45/28/12
BI: 117/76/38 | DM: 82/52/26 | FCP: 41/32/19 | ROT: 30/17/12 | W3: 53/38/20
C3: 55/35/16 | TES: 122/92/55 | GTA: 35/26/7 | TTP: 59/44/26 | COP: 28,0

Geforce GTX Titan
Takt: 875 MHz, 6 GT/s
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

40,4 %
42,4 %
38,9 %
36,9 %

AOS: 22/17/15 | CW: 60/37/18 | F1: 46/39/24 | MEC: 41/28/13 | TWW: 33/23/12
ACS: 32/21/11 | DMD: 44/31/16 | FO4: 58/38/18 | OW: 87/58/29 | ECR: 42/25/12
BI: 109/71/35 | DM: 76/48/24 | FCP: 38/30/18 | ROT: 36/26/15 | W3: 48/35/19
C3: 52/32/15 | TES: 116/88/53 | GTA: 33/24/13 | TTP: 56/42/24 | COP: 26,0

Geforce GTX 780
Takt: 901 MHz, 6 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

34,8 %
37,8 %
33,5 %
29,3 %

AOS: 19/15/12 | CW: 57/35/17 | F1: 44/36/22 | MEC: 26/18/8 | TWW: 30/12/3
ACS: 30/19/5 | DMD: 40/26/12 | FO4: 55/36/18 | OW: 76/51/26 | ECR: 38/23/10
BI: 103/67/33 | DM: 65/42/20 | FCP: 35/28/16 | ROT: 21/16/6 | W3: 45/31/17
C3: 47/30/14 | TES: 108/81/50 | GTA: 31/23/6 | TTP: 50/37/21 | COP: 21,9

Radeon R9 280X
Takt: 1.000 MHz, 6 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

34,4 %
34,3 %
31,7 %
27,9 %

AOS: 18/14/9 | CW: 52/34/17 | F1: 35/30/19 | MEC: 22/17/5 | TWW: 24/17/5
ACS: 28/18/6 | DMD: 40/26/13 | FO4: 41/27/15 | OW: 66/45/23 | ECR: 30/20/10
BI: 85/55/27 | DM: 108/67/32 | FCP: 33/27/17 | ROT: 27/20/11 | W3: 37/27/16
C3: 38/25/12 | TES: 83/63/38 | GTA: 26/19/6 | TTP: 44/35/21 | COP: 45,2

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiByte Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 (1607); anisotroper Texturfilter konsequent auf „Hohe Qualität" (HQ-AF); Vsync/Framelocks aus
Spiele-/Anwendungsnamen: Ashes of the Singularity (AOS), Assassin's Creed Syndicate (ACS), Bioshock Infinite (BI), Crysis 3 (C3), Crysis Warhead (CW), Deus Ex: Mankind Divided (DMD), Doom (DM), F1 2016 (F1), Fallout 4 (FO4), Far Cry Primal (FCP), Grand Theft Auto 5 (GTA), Mirror's Edge: Catalyst (MEC), Overwatch (OW), Rise of the Tomb Raider (ROT), The Talos Principle (TTP), Total War: Warhammer (TWW), The Elder Scrolls 5: Skyrim (TES), The Vanishing of Ethan Carter Redux (ECR), The Witcher 3 (W3), Capture One Pro (COP). Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps, außer COP (Megapixel/s). Wichtig: Die Anwendungsleistung fließt (nur) in den blauen Gesamt-Index ein.

Grafikspeicher

Haben Sie sich für eine Grafikkarte entschieden, müssen Sie in Einzelfällen zwischen verschiedenen Speichermengen wählen. Basierend auf unseren Beobachtungen raten wir in aller Deutlichkeit dazu, keine Grafikkarte mit weniger als 4 GiByte Speicher mehr zu kaufen. PC-Spiele haben sich in den vergangenen zwei Jahren deutlich weiterentwickelt, vor allem bei der Beleuchtungs- und Texturqualität. Damit geht vor allem ein deutlich größerer Speicherbedarf einher.

Schon für weniger als 200 Euro erhalten Sie eine Radeon RX 470 mit 4 GiByte, die allen aktuellen Spielen gewachsen ist. Nvidia bietet in diesem Preisbereich nur die 3-GiB-Version der Geforce GTX 1060 an. Diese liefert zwar in älteren und bezüglich des Grafikspeichers anspruchslosen Spielen eine etwas höhere Leistung als die Radeon RX 470/4G, bricht jedoch bei den oben genannten Titeln (sowie weiteren) ein, weshalb wir mit Blick nach vorn von diesem Modell abraten. Eine relativ zukunftssichere Investition ist im Preisbereich zwischen 250 und 300 Euro möglich. Hier warten Herstellerdesigns der Radeon RX 480/8G und Geforce GTX 1060/6G auf Kundschaft. Beide Modelle sind aktuellen Spielen mit maximalen Details gewachsen. Wie wir im Speicher-Ratgeber der PCGH 12/2016 ausführlich erläutern, zeigen lediglich 8-GiByte-Grafikkarten keinerlei Speichermangelerscheinungen, in diesem Fall ist ergo die RX 480/8G die beste Wahl. Wer etwas mehr Geld zu investieren gewillt ist, greift zur GTX 1070.

Seit dem 10. März ist die Geforce GTX 1080 Ti erhältlich. Mit Preisen ab 820 Euro liefert sie sowohl ein akzeptables Preis-Leistungs-Verhältnis als auch Zukunftssicherheit dank ihrer 11 GiByte Speicher. Voraussichtlich Anfang Juni steht mit AMDs Radeon RX Vega die Alternative bereit, Stand jetzt ist jedoch unklar, ob es die Karte mit der GTX 1080 Ti aufnehmen können wird.

Öko? Na logisch!

Nachdem bis etwa ins Jahr 2010 jede Leistungssteigerung mit einer gegenüber der Vor-Generation erhöhten Leistungsaufnahme einher ging, fand ein Umdenken statt. Spätestens beim Erreichen der im Rahmen des ATX-Formats spezifizierten 300-Watt-Marke mit je einem sechs- und einem achtpoligen Stromstecker waren neue Ansätze gefragt – nicht nur, weil Gefahr für das Netzteil besteht, sondern auch, weil jedes Plus an Energie zu größerer Wärmeabgabe führt, die nach Möglichkeit ohne Orkan-Getöse abgeführt werden muss.

Die aktuellen Grafikkarten sind der vorläufige Gipfel des Umdenkens, die Mittelklasse in Form der Geforce GTX 1060 und Radeon RX 480 kommt im Falle der Referenzdesigns mit 120 respektive 150 Watt Leistungsaufnahme aus und leistet dennoch ein Vielfaches früherer Midrange-GPUs. Während das Aufrüsten von einem Chip der 28-Nanometer-Ära – HD 7000 und GTX 600/700 – nicht automatisch zu einem Watt-Downgrade führt, profitieren Nutzer einer alten 40-nm-GPU wie der GTX 400/500 und HD 6000 in jeder Hinsicht von einem Upgrade, sprich: Neben (deutlich) höherer Leistung sinkt der Verbrauch in jeder Situation.

Neben der absoluten Leistungsaufnahme ist das Fps/Watt-Verhältnis interessant. So erreicht die GTX 1050 Ti eine wesentliche höhere Leistung als die einst beliebte GTX 570 – bei einem Viertel des Energieumsatzes! Wer sein Wattbudget behalten, dabei jedoch wesentlich bessere Bildrate erhalten möchte, wechselt beispielsweise von einer GTX 680/770 auf eine RX 470/480 oder von einer GTX 970 auf eine GTX 1070. Doch Vorsicht: Die Takt- und Verbrauchsunterschiede zwischen den Referenz- und Partnerdesigns sind teilweise sehr groß.

Noch mehr sparen

Doch Spielen ist nicht alles. Das wissen auch AMD und Nvidia, weshalb sie die Grafikkarten-Leistungsaufnahme auch in weniger anspruchsvollen Situationen gesenkt haben. Nehmen wir den Windows-Desktop: War es vor einigen Jahren noch üblich, ihn mit 25 bis 35 Watt Leistungsaufnahme anzuzeigen, unterschreiten heutzutage viele Modelle die 10-Watt-Marke. Im Falle von AMD betrifft das nur das Polaris-Einsteigermodell Radeon RX 460 mit Verbrauchswerten zwischen 7 und 9 Watt, die nächstgrößeren Geschwister RX 470 und 480 rangieren zwischen 14 und 18 Watt (PCGH-Messungen). Nvidia hat seine Pascal-Chips noch besser im Griff, unzählige Geforce-GTX-10-Designs bewegen sich zwischen 8 und 13 Watt. Je nachdem, wie viele Stunden Ihr PC pro Tag das Betriebssystem und Textprogramme darstellt, können auf das Jahr hochgerechnet nennenswerte zweistellige Eurosummen zusammenkommen, beispielsweise beim bewusst extremen Topmodell-Wechsel GTX 580 (2011, 33 Watt) auf Titan X (2016, 12 Watt). Gehen wir vereinfacht von acht Stunden Laufzeit an 364 Tagen bei einem Kilowattstundenpreis von 28 Cent aus, kostet die GTX 580 beinahe 27 Euro reine Energie. Die Titan X bleibt unter 10 Euro – allerdings müssten Sie diese Karte beinahe 139 Jahre so laufen lassen, um den Neupreis von 1.359 Euro wieder reinzuholen. Auch abseits eines solchen Extrembeispiels lohnt es sich, nachzurechnen. *(rv)*

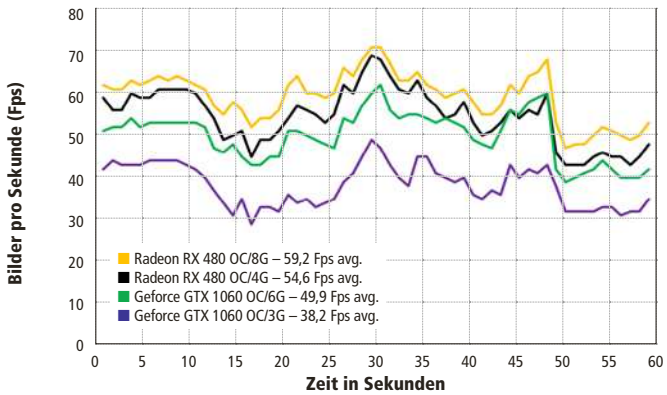
Hilfe! D-Sub (VGA) benötigt!

Sie möchten Ihren liebgewonnenen Retro-Bildschirm weiterverwenden und benötigen dazu zwingend eine VGA-Buchse? Es gibt Lösungen.

Wer auf ein analoges Signal angewiesen ist, hat bei modernen Pixelbeschleunigern wahrlich schlechte Karten. Die schnellsten lieferbaren Modelle, welche ein D-Sub-Signal ausgeben können, sind laut PCGH-Online-Preisvergleich die Club 3D R7 250X und die Sparkle GTX 650 Ti. Wer bereits eine neuere oder mächtigere Grafikkarte hat, kann diese günstig analogfähig machen: Amazon bietet ein von 500 Käufern und PCGH erprobtes HDMI-VGA-Adapterkabel von CSL-Computer für rund neun Euro an. Dieses wird an den HDMI-Port der Grafikkarte angeschlossen und reicht das Signal umgewandelt an einen weiblichen D-Sub-Ausgang weiter, an dem sich alte Bildschirme – auch CRTs – betreiben lassen.

Grafikspeicher: 8, 6, 4 und 3 GiByte im Verlauf

Hitman: Episode 2 (DX12), max. Details, 1440p – „Sapienza XT" (60 Sek.)



System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Die Fps-Differenz ergibt sich allein durch Speicherkapazität, da wir mit angeglichener Rohleistung testen – siehe Speicher-Ratgeber in der PCGH 12/2016 für alle Details.

Fazit

Grafikkarten-Kaufberatung

Moderne Grafikkarten machen alles besser als alte, daran besteht kein Zweifel. Je älter Ihr Modell ist, desto eher lohnt es sich, in eine moderne Pascal-Geforce oder Polaris-Radeon zu investieren. Das gilt insbesondere und ohne Ausnahme, wenn Sie in den Genuss einer variablen Bildaktualisierungsrate, High Dynamic Range oder VR kommen möchten.

Grafikkarten-Produktempfehlungen für Spieler

MSI Geforce GTX 1080 Gaming X 8G

Die GTX 1080 Gaming X 8G vereint, sich was Enthusiasten wünschen: Neben hoher Leistung – die Boosts um 1.900 MHz führen zu 10 bis 15 Prozent höheren Bildraten als bei der Nvidia-Founders-Edition – arbeitet die Karte auch angenehm leise (max. 2,3 Sone unter Volllast) und benötigt dabei nur zwei Einbauslots.

ab € 690,-

Asus Geforce GTX 1060 Strix O6G

Mit Boosts zwischen 1.900 und 2.000 MHz ist Asus' Strix OC knapp die schnellste GTX 1060/6G am Markt, kostet jedoch auch etwas mehr Geld als eine vergleichbare Radeon RX 480/8G (siehe unten). Die Strix punktet im Duell mit geringerer Leistungsaufnahme von höchstens 145 Watt bei gleicher Lautheit (max. 2,4 Sone).

ab € 330,-

Gigabyte Geforce GTX 1070 G1 Gaming

Wer eine werkseitig übertaktete Geforce GTX 1070 sucht, die obendrein erschwinglich ist, trifft mit Gigabytes GTX 1070 G1 Gaming eine gute Wahl. Ihre Leistung liegt mindestens zehn Prozent oberhalb der Nvidia-Vorlage und die Leistungsaufnahme von höchstens 180 Watt schont Ihre Stromrechnung.

ab € 430,-

MSI Radeon RX 480 Gaming X 8G

MSIs Gaming X ist insgesamt die beste RX 480 am Markt. Die Karte hält ihren 1.303-MHz-Boost in jeder Lage und bleibt dabei angenehm leise (max. 2,2 Sone in Spielen). Nachteilig ist lediglich der relativ große Stromdurst gegenüber einer Geforce GTX 10: Bis zu 209 Watt fließen beim Spielen durch das PC-Netzteil.

ab € 240,-

GRAFIKKARTEN

Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien

Produktname	GTX 1080 AMP! Extreme	GTX 1080 Phoenix GLH	GTX 1080 Gaming X 8G
Hersteller/Webseite	Zotac (www.zotac.com)	Gainward (www.gainward.de)	MSI (http://de.msi.com)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 700,-/ausreichend	Ca. € 700,-/ausreichend	Ca. € 690,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1449220	www.pcgh.de/preis/1456253	www.pcgh.de/preis/1449271
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.560/160/64	2.560/160/64	2.560/160/64
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	316/405 MHz (0,625 VGPU)	291/405 MHz (0,625 VGPU)	215/405 MHz (0,625 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.772 (Boost: 1.987+)/1.350 MHz (+15/+8 % OC)	1.747 (Boost: 1.911+)/1.315 MHz (+9/+5 % OC)	1.683 (Boost: 1.886+)/1.251 MHz (+9/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,18**	**2,23**	**2,20**
Speichermenge/Anbindung	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicherart/Hersteller	10-Gbps-GDDR5X (Micron 6HA77 Z9TXT)	10-Gbps-GDDR5X (Micron 6HA77 Z9TXT)	10-Gbps-GDDR5X (Micron 6HA77 Z9TXT)
Monitoranschlüsse	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Icestorm, Triple-Slot, 6 HP (4 × 8 mm, 2 × 6 mm), 3 × 85 mm axial, Korpus bedeckt RAM, VRM-Kühler + Backplate (o. Pads)	Eigendesign, Triple-Slot, 5 Heatp. (3 × 8, 2 × 6 mm), 2 × 95 mm axial, Radiator bedeckt VRMs/RAM + Backplate (o. Pads)	Twin Frozr VI, Dual-Slot, 6 Heatp. (1 × 8 mm, 5 × 6 mm), 2 × 95 mm axial, VRM-/RAM-Kühler + Backplate (ohne Pads)
Software/Tools/Spiele	Firestorm (Tweak-Tool), Treiber	Expertool II (Tweak-Tool), Treiber	Afterburner & Gaming App (Tweak-Tools), Treiber
Handbuch; Garantie	Gedruckt (dt.); 2 Jahre (5 nach Registrierung bei Zotac)	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	2 × enthalten: 2×6-auf-8-Pol-Strom	1 × Strom: 2×6-auf-8-Pol	Aufkleber
Sonstiges	Custom-PCB mit 12 cm Höhe (10 Phasen); ausgelesene TDP: 270 Watt; Lüfter gehen ab ~57 °C an	Custom-PCB mit 12 cm Höhe (8+2 Phasen), Dual-BIOS, Spannungsmessp.; TDP 200 Watt; Lüfter gehen ab ~53 °C an	Custom-PCB mit 12,7 cm Höhe (10 Phasen); ausgelesene TDP: 240 Watt; Lüfter gehen ab ~63 °C an
Eigenschaften (20 %)	**2,16**	**2,02**	**2,16**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	39/75/75 Grad Celsius	35/72/72 Grad Celsius	45/74/74 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/1,7 (37 %)/1,9 (39 %) Sone	0,0 (passiv)/1,5 (45 %)/1,5 (45 %) Sone	0,0 (passiv)/2,3 (59 %)/2,3 (59 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreist. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreist. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreist. Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	10/15/12 Watt	8/10/9 Watt	13/15/14 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	202/222/259/275 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	193/217/219/220 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	192/215/235/245 Watt (Powertarget: 100 Prozent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Nein (2.185)/nein (2.285)/ja (2.835 MHz)	Nein (2.100)/nein (2.200)/ja (1.275 MHz)	Nein (2.075)/nein (2.170)/nein (2.265 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Nein (1.485)/nein (1.555)/nein (1.620 MHz)	Nein (1.445)/nein (1.510)/nein (1.580 MHz)	Nein (1.375)/nein (1.440)/nein (1.500 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 120 % (= 325W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 120 % (= 240W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 121 % (= 291W)
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	31,2 (PCB: 28,1)/5,0 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)	28,5 (PCB: 26,7)/5,2 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)	27,7 (PCB: 27,7)/3,5 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,44**	**1,50**	**1,57**
FAZIT	⊕ Schnellste GTX 1080 … ⊕ … und außerdem leise & kühl ⊖ Leistungsaufnahme & Platzbedarf	⊕ Sehr leise & sehr schnell ⊕ Dual-BIOS ⊖ Klobig, benötigt effektiv 4 Slots	⊕ Powerlimit erlaubt freies Overclocking ⊕ 3 Betriebsmodi via Gaming App ⊖ Relativ hoher Verbrauch im Leerlauf
	Wertung: **1,73**	Wertung: **1,75**	Wertung: **1,81**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	GTX 1080 G1 Gaming	GTX 1070 Strix OC	GTX 1070 Gaming X 8G
Hersteller/Webseite	Gigabyte (www.gigabyte.de)	Asus (www.asus.com/de)	MSI (http://de.msi.com)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 660,-/ausreichend	Ca. € 500,-/ausreichend	Ca. € 480,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1449277	www.pcgh.de/preis/1450613	www.pcgh.de/preis/1456552
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.560/160/64	1.920/15/120	1.920/15/120
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	240/405 MHz (0,625 VGPU)	278/405 MHz (0,625 VGPU)	215/405 MHz (0,625 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.696 (Boost: 1.810+)/1.251 MHz (+4/0 % OC)	1.633 (Boost: 1.911+)/4.007 MHz (+14/0 % OC)	1.582 (Boost: 1.924+)/4.007 MHz (+14/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,23**	**2,15**	**2,20**
Speichermenge/Anbindung	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicherart/Hersteller	10-Gbps-GDDR5X (Micron 6HA77 Z9TXT)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)
Monitoranschlüsse	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	2 × Displayport (1.4-ready), 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Windforce 3x, Dual-Slot, 3 DT-Heatpipes à 8 mm, 3 × 80 mm axial, Radiator bedeckt VRMs/RAM + Backplate mit Pads	Direct CU 3, Dual-Slot, 5 Heatp. (4 × 8, 1 × 6 mm), 3 × 90 mm axial, VRM-/RAM-Kühler & Backplate (ohne Pads)	Twin Frozr VI, Dual-Slot, 5 Heatpipes à 6 mm, 2 × 95 mm axial, VRM-/RAM-Kühler + Backplate (ohne Pads)
Software/Tools/Spiele	Treiber-CD	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software	Afterburner & Gaming App (Tweak-Tools), Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	–	Kabelbinder (Stoff); Code für World of Warships	Aufkleber
Sonstiges	PCB: Referenz-Nachbau mit 8+2 statt 5+1 Phasen; ausgelesene TDP: 200 Watt; Lüfter gehen ab ~50 °C an	Custom-PCB mit 11,8 cm Höhe (6+1 VRMs); TDP: 166 Watt; Lüfter drehen ab ~57 °C; 2 Lüfteranschlüsse am Heck	Custom-PCB mit 12,7 cm Höhe (10 Phasen); ausgelesene TDP: 230 Watt; Lüfter gehen ab ~63 °C an
Eigenschaften (20 %)	**2,18**	**1,96**	**1,98**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	41/73/73 Grad Celsius	41/63/63 Grad Celsius	40/71/71 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/4,1 (61 %)/4,1 (61 %) Sone	0,0 (passiv)/1,8 (43 %)/1,8 (43 %) Sone	0,0 (passiv)/1,4 (53 %)/1,4 (53 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Überdurchschnittlich (Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreist. Fps)	Unauffällig (erst ab hohen vierstelligen Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	9/14/12 Watt	8/11/9,5 Watt	11/14/13 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	193/200/200/201 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	162/165/166/167 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	168/184/208/208 Watt (Powertarget: 100 Prozent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (1.990)/nein (2.080)/nein (2.170 MHz)	Nein (2.130)/nein (2.225)/nein (2.325 MHz)	Nein (2.115)/nein (2.215)/nein (2.310 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (1.375)/nein (1.440)/nein (1.500 MHz)	Ja (4.410)/ja (4.610)/nein (4.810 MHz)	Ja (4.455)/ja (4.660)/nein (4.860 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 108 % (= 216W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 120 % (= 200W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 126 % (= 291W)
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	28,1 (PCB: 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	29,9 (PCB: 28,6)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	27,7 (PCB: 27,7)/3,5 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,63**	**2,03**	**2,03**
FAZIT	⊕ 3 Jahre Garantie ⊕ Nur ein Stromstecker notwendig ⊖ Unter Last so laut wie Nvidia Founders Edition	⊕ Leiser Dual-Slot-Kühler ⊕ Hohe Energieeffizienz ⊖ Geringes Maximal-Powerlimit	⊕ Leiser Dual-Slot-Kühler ⊕ Üppiges Powertarget (OC-Potenzial), … ⊖ … das zu hohem Verbrauch führt
	Wertung: **1,86**	Wertung: **2,04**	Wertung: **2,05**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	GTX 1070 SC Gaming ACX 3.0	GTX 1070 G1 Gaming	GTX 1060 Strix OC (O6G)
Hersteller/Webseite	EVGA (de.evga.com)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	Asus (www.asus.com/de)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 450,-/befriedigend	Ca. € 430,-/befriedigend	Ca. € 330,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1456822	www.pcgh.de/preis/1450713	www.pcgh.de/preis/1478721
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	1.920/15/120	1.920/15/120	1.280/80/48
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	240/405 MHz (0,625 VGPU)	240/405 MHz (0,625 VGPU)	253/405 MHz (0,625 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.595 (Boost: 1.772+)/4.007 MHz (+5/0 % OC)	1.595 (Boost: 1.873+)/4.007 MHz (+11/0 % OC)	1.620 (Boost: 1.987+)/4.104 MHz (+16/+2 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,20**	**2,23**	**2,25**
Speichermenge/Anbindung	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	6.144 MiByte (192 Bit)
Speicherart/Hersteller	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)
Monitoranschlüsse	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport (1.4-ready), 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	ACX 3.0, Dual-Slot, 6 Heatpipes à 6 mm, 2 × 85 mm axial, verschraubte VRM-/RAM-Platte + Backplate (ohne Pads)	Windforce 3x, Dual-Slot, 2 DT-Heatpipes à 8 mm, 3 × 80 mm axial, Radiator bedeckt VRMs/RAM + Backplate ohne Pads	Direct CU 3, Dual-Slot, 5 Heatp. (4 × 8, 1 × 6 mm), 3 × 90 mm axial, Korpus bedeckt VRM/RAM; Backplate (o. Pads)
Software/Tools/Spiele	Precision X OC (Tweak-Tool), Treiber	Treiber-CD	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software
Handbuch; Garantie	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre (-KR-Suffix)	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	2×6-auf-8-Pol-Strom; Poster & Aufkleber	–	Kabelbinder (Stoff); Code für World of Warships
Sonstiges	PCB: Referenz-Nachbau mit 4+1 Phasen (2 frei); ausgelesene TDP: 151 Watt; Lüfter gehen ab ~63 °C an	PCB: Kompletter Eigenbau mit 6+2 statt 4+1 Phasen; ausgelesene TDP: 180 Watt; Lüfter gehen ab ~53 °C an	Custom-PCB mit 11,8 cm Höhe; ausgelesene TDP: 156 Watt; Lüfter drehen ab ~57 °C; 2 Lüfteranschlüsse am Heck
Eigenschaften (20 %)	**1,77**	**2,01**	**2,00**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	41/73/73 Grad Celsius	42/66/66 Grad Celsius	39/62/62 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/0,7 (32 %)/0,7 (32 %) Sone	0,0 (passiv)/3,5 (52 %)/3,5 (52 %) Sone	0,0 (passiv)/2,4 (46 %)/2,4 (46 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreist. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stelligen Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	8/12/11 Watt	9/12/11 Watt	8/13/11 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	148/149/148/153 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	165/179/181/182 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	124/132/145/145 Watt (Powertarget: 100 Prozent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (1.950)/nein (2.040)/nein (2.125 MHz)	Nein (2.060)/nein (2.155)/nein (2.250 MHz)	Nein (2.185)/nein (2.285)/nein (2.385 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (4.410)/ja (4.610)/nein (4.810 MHz)	Ja (4.410)/ja (4.610)/nein (4.810 MHz)	Ja (4.515)/ja (4.720)/nein (4.925 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 112 % (= 170W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 111 % (= 200W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit 116 % (= 182W)
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	26,7 (PCB: 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	28,1 (PCB: 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	30,0 (PCB: 28,5)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**2,10**	**2,07**	**2,58**
FAZIT	⊕ Leiseste GTX 1070 mit Dual-Slot-Kühler ⊕ 3 Jahre Garantie ⊖ Geringes Powerlimit	⊕ 3 Jahre Garantie ⊕ Energieeffizienz ⊖ Lautstärke unter Last	⊕ Schnellste GTX 1060 ⊕ Extra-PWM-Anschlüsse + Spannungsmesspunkte ⊖ Könnte unter Last noch leiser sein
	Wertung: **2,06**	Wertung: **2,09**	Wertung: **2,40**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	GTX 1060 Gaming X 6G	GTX 1060 G1 Gaming 6G	RX 480 Gaming X 8G
Hersteller/Webseite	MSI (http://de.msi.com)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	MSI (http://de.msi.com)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 320,-/ausreichend	Ca. € 300,-/ausreichend	Ca. € 240,-/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1478791	www.pcgh.de/preis/1479045	www.pcgh.de/preis/1473074
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	1.280/80/48	1.280/80/48	2.304/144//32
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	203/405 MHz (0,625 VGPU)	240/405 MHz (0,625 VGPU)	~300/300 MHz (0,800 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.569 (Boost: 1.949+)/4.007 MHz (+14/0 % OC)	1.595 (Boost: 1.962+)/4.007 MHz (+15/0 % OC)	1.303 (Boost: 1.303)/4.000 MHz (+14/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,30**	**2,33**	**2,15**
Speichermenge/Anbindung	6.144 MiByte (192 Bit)	6.144 MiByte (192 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicherart/Hersteller	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25; 1,5V)
Monitoranschlüsse	3 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Twin Frozr VI, Dual-Slot, 3 Heatp. (2 × 6, 1 × 8 mm), 2 × 95 mm axial, VRM-/RAM-Kühlplatte; Backplate (ohne Pads)	Windforce 2x, Dual-Slot, 2 DT-Heatpipes à 6 mm, 2 × 90 mm axial, Radiator bedeckt VRMs/RAM; Backplate (ohne Pads)	Twin Frozr VI, Dual-Slot, 3 Heatpipes (1 × 8 mm, 2 × 6 mm), 2 × 95 mm axial, VRM-/RAM-Kühlplatte; Backplate (o. Pads)
Software/Tools/Spiele	Afterburner & Gaming App (Tweak-Tools), Treiber	Treiber-CD	Afterburner & MSI Gaming App, Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	Aufkleber	–	–
Sonstiges	Custom-PCB mit 12,7 cm Höhe; ausgelesene TDP: 200 Watt; Lüfter drehen ab ~63 °C	Custom-PCB; ausgelesene TDP: 200 Watt; Lüfter drehen ab ~62 °C; Tuning Tipp: 50 % 3D -> 2,0 Sone Lautheit	Custom-PCB mit 11,2 cm Höhe (6 GPU-Phasen); GPU-TDP 180W, Temp-Target 73 °C, kein Dual-BIOS
Eigenschaften (20 %)	**1,84**	**2,00**	**2,21**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	40/66/66 Grad Celsius	38/68/68 Grad Celsius	46/74/76 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/0,7 (42 %)/0,7 (42 %) Sone	0,0 (passiv)/2,4 (55 %)/2,4 (55 %) Sone	0,0 (passiv)/2,2 (41 %)/2,4 (42 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	8/13/11 Watt	9/13/10 Watt	18/59/43 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	119/130/146/146 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	125/137/153/153 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	187/190/209/225 Watt (Powertune: Standard)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Nein (2.145)/nein (2.240)/nein (2.340 MHz)	Nein (2.160)/nein (2.255)/nein (2.355 MHz)	Nein (1.435)/nein (1.500)/nein (1.565 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (4.410)/ja (4.610)/nein (4.810 MHz)	Ja (4.410)/ja (4.610)/nein (4.810 MHz)	Ja (4.400)/nein (4.600)/nein (4.800 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 108 % (= 216W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 110 % (= 220W)	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +50 %
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	27,7 (PCB: 27,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	27,9 (PCB: 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	27,5 (PCB 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**2,65**	**2,65**	**2,68**
FAZIT	⊕ Beinahe unhörbarer Kühler ⊕ Hohes Powerlimit (OC-Potenzial) ⊖ Relativ hoher Preis	⊕ Hohes Powerlimit = stabiler Boost ⊕ 3 Jahre Garantie ⊖ Etwas zu starke/laute Belüftung	⊕ Leiseste RX 480 am Markt ⊕ Kann ihren Boost auf 1,3 GHz halten ⊖ Relativ hohe Leistungsaufnahme
	Wertung: **2,42**	Wertung: **2,45**	Wertung: **2,48**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RX 480 Nitro+ OC 8GB	RX 480 Strix OC	RX 480 Red Devil
Hersteller/Webseite	Sapphire (www.sapphiretech.com)	Asus (www.asus.com/de)	Powercolor (www.powercolor.com/de)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 250,-/befriedigend	Ca. € 280,-/befriedigend	Ca. € 250,-/befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1477778	www.pcgh.de/preis/1479631	www.pcgh.de/preis/1480295
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.304/144//32	2.304/144//32	2.304/144//32
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	~300/300 MHz (0,825 VGPU)	~300/300 MHz (0,800 VGPU)	~300/300 MHz (0,8313 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.300+ (max. Boost: 1.342)/4.000 MHz (+14/0 % OC)	1.260+ (Boost: 1.310)/4.000 MHz (+11/0 % OC)	1.190+ (Boost: 1.330)/4.000 MHz (+4/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,15**	**2,20**	**2,53**
Speichermenge/Anbindung	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicherart/Hersteller	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25; 1,5V)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25; 1,5V)	8-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC25; 1,5V)
Monitoranschlüsse	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Dual-X, Dual-Slot, 3 Heatpipes (2 × 10, 1 × 8 mm), 2 × 95 mm axial, Korpus bedeckt VRMs & RAM; Backplate inkl. Pad	Direct CU 3, Dual-Slot, 5 DT-HP. (4 × 8, 1 × 6 mm), 3 × 90 mm axial, Korpus bedeckt VRMs (RAM: blank); Backplate (o. Pads)	Eigendesign, Dual-Slot, 4 Heatp. (2 × 8, 2 × 6 mm), 3 × 75 mm axial, Korpus bedeckt VRMs & RAM; Backplate (o. Pads)
Software/Tools/Spiele	Treiber	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software	Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 2 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	Einladung zum Sapphire-Select-Club (für Support)	Kabelbinder (Stoff); Code für World of Warships	Devilclub-Einladung (für Support, BIOS-Updates etc.)
Sonstiges	Custom-PCB (11 cm Höhe) mit Dual-BIOS: Boost (1.342 MHz) & Quiet (1.266 MHz); 6 GPU-VRMs, LED-Schalter; TT 75 °C	Custom-PCB (7+1 VRMs), Spannungsmesspunkte; 2 Lüfteranschlüsse am Heck; Lüfter drehen ab ~55 °C; TT 65 °C	Custom-PCB (6+1 VRMs) mit Dual-BIOS: OC (1.330) & Silent (1.279 MHz); keine LEDs; Lüfter drehen ab ~62 °C; TT 80 °C
Eigenschaften (20 %)	**2,39**	**2,28**	**2,08**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	51/77/81 Grad Celsius	47/65/66 Grad Celsius	50/80/80 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0/5,4/6,6 Sone (Boost) – 0,0/4,6/4,8 Sone (Quiet)	0,0 (passiv)/4,2 (52 %)/4,2 (52 %) Sone	0,0/2,3/2,3 Sone (OC) – 0,0/2,0/2,0 Sone (Silent)
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	14/58/38 Watt (Quiet BIOS idle: 13 Watt)	18/60/42 Watt	18/74/47 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	208/211/215/230W (Boost) – 183/185/206/220W (Quiet)	178/179/178/180 Watt (Powertune: Standard)	198/199/198/200 Watt (OC) – 198/199/198/199 Watt (Silent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Nein (1.395)/nein (1.460)/nein (1.525 MHz)	Ja (1.385)/nein (1.450)/nein (1.510 MHz)	Ja (1.310)/ja (1.370)/nein (1.430 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (4.400)/nein (4.600)/nein (4.800 MHz)	Ja (4.400)/nein (4.600)/nein (4.800 MHz)	Ja (4.400)/nein (4.600)/nein (4.800 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,15 Volt), Powerlimit bis +50 %	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,15 Volt), Powerlimit bis +50 %	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +5 (!) %
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	24,0 (PCB 24,0)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (horizontal)	30,0 (PCB 28,5)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	30,0 (PCB 24,0)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**2,72**	**2,75**	**2,78**
FAZIT	⊕ Mit Boost-BIOS schnellste RX 480 ⊕ Zwei Betriebsmodi: Boost/Quiet, … ⊖ … allerdings sind beide laut	⊕ Extra-PWM-Anschlüsse + Spannungsmesspunkte ⊕ Potenziell der beste RX-480-Kühler im Feld, … ⊖ … allerdings zu eifrig (laut) belüftet	⊕ Leiser Kühler ⊕ Zwei Betriebsmodi: OC/Silent ⊖ Kann ihren Boost nicht halten
	Wertung: **2,54**	Wertung: **2,55**	Wertung: **2,59**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RX 470 Nitro+ 4D5 OC	RX 470 Gaming X 4G	RX 470 G1 Gaming 4G
Hersteller/Webseite	Sapphire (www.sapphiretech.com)	MSI (http://de.msi.com)	Gigabyte (www.gigabyte.de)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 205,-/befriedigend	Ca. € 200,-/befriedigend	Ca. € 190,-/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1483308	www.pcgh.de/preis/1488427	www.pcgh.de/preis/1488416
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.048/128/32	2.048/128/32	2.048/128/32
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300+/300 MHz (0,825 VGPU)	300+/300 MHz (0,800 VGPU)	300+/300 MHz (0,800 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.220+ (Boost: 1.260)/3.500 MHz (+1/+6 % OC)	1.242 (Boost: 1.242)/3.300 MHz (+3/0 % OC)	1.230 (Boost: 1.230)/3.300 MHz (+2/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,38**	**2,45**	**2,43**
Speichermenge/Anbindung	4.096 MiByte (256 Bit)	4.096 MiByte (256 Bit)	4.096 MiByte (256 Bit)
Speicherart/Hersteller	7-Gbps-GDDR5 (SK-Hynix H5GC4H24AJR-R0C; 1,5V)	7-Gbps-GDDR5 (SK-Hynix H5GC4H24AJR-R0C; 1,5V)	7-Gbps-GDDR5 (SK-Hynix H5GC4H24AJR-R0C; 1,5V)
Monitoranschlüsse	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	2 × Displayport 1.4, 2 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Dual-X, Dual-Slot, 3 Heatp. (2 × 10, 1 × 8 mm), 2 × 95 mm axial, Korpus bedeckt VRMs & RAM; Backplate inkl. Pad	Twin Frozr VI, Dual-Slot, 2 Heatpipes (1 × 8 mm, 1 × 6 mm), 2 × 95 mm axial, kleines VRM-Profil (RAM: blank)	Windforce 2x, Dual-Slot, 3 Heatpipes à 6 mm, 2 × 90 mm axial, Korpus bedeckt VRMs & RAM; Backplate inkl. Pad
Software/Tools/Spiele	Treiber	Afterburner & MSI Gaming App, Treiber	Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	Einladung zum Sapphire Select Club	–	–
Sonstiges	Dual-BIOS (Boost/Quiet), 4+2-Versorgung, GPU-TDP 130W; Basistakt: 1.143 MHz; Lüfter drehen ab ~56 °C	GPU-TDP: 150W; Lüfter drehen ab ~59 °C	Getestet mit BIOS F6; GPU-TDP 105 Watt; Lüfter drehen ab ~52 °C; bootet aktiv mit 1,2 Sone Lautheit
Eigenschaften (20 %)	**2,29**	**2,19**	**2,28**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	49/75/76 Grad Celsius	44/73/82 Grad Celsius	47/71/71 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/2,5 (41 %)/2,7 (42 %) Sone	0,0 (passiv)/1,8 (39 %)/3,0 (50 %) Sone	0,0 (passiv)/2,4 (55 %)/2,4 (55 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	15/48/36 Watt	16/41/36 Watt	22/47/42 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	184/-/195/209 Watt („Boost"-BIOS)	167/-/188/222 Watt (Powertune: Standard)	161/-/184/185 Watt (Powertune: Standard)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (1.340)/nein (1.405)/nein (1.345 MHz)	Ja (1.365)/nein (1.430)/jnein (1.490 MHz)	Nein (1.355)/nein (1.415)/nein (1.475 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (3.850)/nein (4.025)/nein (4.200 MHz)	Ja (3.630)/ja (3.795)/nein (3.960 MHz)	Ja (3.630)/ja (3.795)/ja (3.960 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +50 %	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +50 %	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +50 %
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	24,0 (PCB 24,0)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (horizontal)	27,5 (PCB 26,7)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)	23,4 (PCB 22,0)/3,5 cm; 1 × 8-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**2,94**	**3,01**	**3,03**
FAZIT	⊕ Zwei Betriebsmodi per BIOS ⊕ 3 Jahre Garantie ⊖ Relativ stromdurstig	⊕ Hohes Powerlimit, stabiler Takt ⊕ Starkes, weitgehend leises Kühldesign ⊖ Relativ stromdurstig	⊕ Kann ihren Boost halten ⊕ Guter, umfassender Kühler, ... ⊖ ... der etwas zu stark belüftet
	Wertung: **2,70**	Wertung: **2,73**	Wertung: **2,76**

GRAFIKKARTEN
Auszug aus Testtabelle
mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RX 470 IceQ X² Turbo	GTX 1050 Ti G1 Gaming 4G	GTX 1050 Expedition
Hersteller/Webseite	HIS (www.hisdigital.com/de)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	Asus (www.asus.com/de)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 190,-/gut	Ca. € 180,-/ausreichend	Ca. € 130,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1488555	www.pcgh.de/preis/1526013	www.pcgh.de/preis/1525209
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.048/128/32	768/48/32	64040/32
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300+/300 MHz (0,800 VGPU)	215/405 MHz (0,675 VGPU)	139/405 MHz (0,675 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.100+ (Boost: 1.256)/3.500 MHz (0/+6 % OC)	1.367 (Boost: 1.645+)/3.504 MHz (+18/0 % OC)	1.354 (Boost: 1.493+)/3.504 MHz (+3/0 % OC)
Ausstattung (20 %)	**2,63**	**2,53**	**3,05**
Speichermenge/Anbindung	4.096 MiByte (256 Bit)	4.096 MiByte (128 Bit)	2.048 MiByte (128 Bit)
Speicherart/Hersteller	7-Gbps-GDDR5 (SK-Hynix H5GC4H24AJR-R0C; 1,5V)	7-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC28)	7-Gbps-GDDR5 (Samsung K4G80325FB-HC28)
Monitoranschlüsse	3 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	1 × Displayport 1.4, 3 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	1 × Displayport 1.4, 1 × HDMI 2.0b, 1 × DVI-D
Kühlung	Eigendesign, Dual-Slot, 3 Heatpipes à 8 mm, 2 × 85 mm axial, Korpus bedeckt VRMs (RAM: blank)	Windforce 2x, Dual-Slot, 2 DT-HP à 6 mm, 2 × 95 mm axial, kleines VRM-Profil, RAM partiell gekühlt; Backplate inkl. Pads	Eigendesign, Dual-Slot, Alu-Radiator ohne Heatpipes, 2 × 75 mm axial, keine VRM-/RAM-Kühler
Software/Tools/Spiele	Treiber	Xtreme Engine (Tweak-Tool), Treiber	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 2 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	Stromadapter: 2×-Molex-auf-6-Pol	–	Code für World of Warships
Sonstiges	Dual-BIOS-Schalter, GPU-TDP 95 Watt; Lüfter drehen ab ~58 °C; 45 % PWM 3D: 0,9 Sone	4+1-Spannungsversorgung; ausgelesene TDP: 120 Watt; Lüfter drehen ab ~60 °C	Ausgelesene TDP: 65 Watt; Lüfter drehen ab ~55 °C; PCB hat Lötstellen für 6-Pol-Strombuchse
Eigenschaften (20 %)	**2,11**	**1,65**	**1,65**
Temperatur GPU (2D-Leerlauf/Spiel/Extremfall)	46/70/70 Grad Celsius	35/62/62 Grad Celsius	34/62/62 Grad Celsius
Lautheit (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/1,5 (50 %)/1,5 (50 %) Sone	0,0 (passiv)/0,3 (37 %)/0,3 (37 %) Sone	0,0 (passiv)/0,5 (37 %)/0,5 (37 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab 3-stell. Fps)	Praktisch nicht wahrnehmbar (< 0,2 Sone)	Praktisch nicht wahrnehmbar (< 0,2 Sone)
Gemessener Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	15/43/37 Watt	8/13/9 Watt	6/9/7 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	159/-/160/162 Watt (Powertune: Standard)	67/-/67/68 Watt (Powertarget: 100 Prozent)	55/-/55/55 Watt (Powertarget: 100 Prozent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (1.210)/ja (1.265)/nein (1.320 MHz)	Ja (1.810)/nein (1.890)/nein (1.975 MHz)	Ja (1.640)/ja (1.715)/nein (1.790 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (3.850)/ja (4.025)/nein (4.200 MHz)	Ja (3.855)/nein (4.030)/nein (4.205 MHz)	Ja (3.855)/nein (4.030)/nein (4.205 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,175 Volt), Powerlimit bis +50 %	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit bis 125 % (= 150W)	Ja (GPU bis 100 %; Powerlimit auf 100 % = 65W fixiert)
Länge/Breite der Karte; Stromstecker	22,3 (PCB 21,0)/3,5 cm; 1 × 6-Pol (vertikal)	22,0 (PCB: 21,0)/3,5 cm; 1 × 6-Pol (vertikal)	21,1 (PCB: 21,0)/3,5 cm; keiner
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**3,05**	**3,32**	**3,65**
FAZIT	⊕ Preis-Leistungs-Verhältnis ⊕ Guter Kühler, Dual-BIOS ⊖ Nur 2 Jahre Garantie	⊕ Drei HDMI-Ausgänge ⊕ Beinahe unhörbare Kühlung ⊖ Relativ teuer	⊕ Leise ⊕ Sparsam ⊖ Nur 2 GiByte (wie jede GTX 1050)
	Wertung: **2,78**	Wertung: **2,82**	Wertung: **3,13**

Der richtige Unterbau

Zentrum eines jeden PCs ist das Mainboard. Es verbindet alle anderen Komponenten, seine Schnittstellen entscheiden maßgeblich über die Nutzungsmöglichkeiten. Aber welches ist das Richtige?

In modernen PCs hat die Hauptplatine kaum noch Einfluss auf die Rechenleistung und wird deswegen gerne als beliebiger Unterbau für CPU, RAM und Grafikkarte abgetan. Aber nicht nur diese drei Leistungsträger, auch alle Laufwerke, die Peripherie und weitere Komponenten kommunizieren mit und via dem Mainboard. Fehlt diesem die passende Schnittstelle, ist auch die beste Hardware nutzlos – entsprechend wichtig sind die eigenen Bedürfnisse beim Neukauf.

PCH- und Plattformauswahl

Wichtigstes Kriterium ist meist die CPU-Wahl: Sockel 2011-v3, Sockel 1151, künftig AMDs Sockel AM4 – das Format des Prozessors gibt die benötigte Fassung auf dem Mainboard vor. Manchmal ist es aber auch umgekehrt: Da fast alle aktuellen CPUs mehr als genug Leistung zum Spielen haben, können alternativ Ausstattungswünsche den Ausschlag für oder gegen einen bestimmten Sockel geben. Ein Beispiel wäre die Fähigkeit der Sockel-2011-v3-Plattform, zwei Grafikkarten mit jeweils voller PCI-Express-3.0-×16-Geschwindigkeit anzubinden – oder umgekehrt die meist deutlich vielseitigeren Möglichkeiten für M.2-SSDs auf Sockel-1151-Mainboards mit Z270-PCH.

Intels PCH (Plattform Controller Hub) respektive AMDs I/O-Hub (Sockel AM4) ist nach dem Sockel die zweite Sortierstufe und entscheidet über Austattungsniveau, Übertaktungsfreigaben und Preisklasse eines Mainboards. Anstelle von „Chipsätzen“ nutzen alle aktuellen Plattformen übrigens Einzel-Chip-Lösungen.

Nativ, onboard, Zukunft

Moderne PCHs beinhalten eine Vielzahl von Schnittstellentypen, können aber immer nur eine auf den Durchschnittsnutzer ausgerichtete Auswahl nativ integrieren. Weitere Fähigkeiten werden ab einer gewissen Preisklasse vom Mainboard-Hersteller durch zusätzliche, separate Controller auf der Platine realisiert („onboard“-Integration). Diese entsprechen oft 1:1 den funktionalen Bauteilen von Erweiterungskarten, lassen sich direkt auf dem Mainboard aber wesentlich kostengünstiger integrieren – wenn auch nicht immer in gleicher Qualität, wie der Vergleich zwischen Onboard-Sound und Soundkarten immer wieder zeigt.

Eine Frage des Formats

Auch physisch unterscheiden sich Mainboards. Mini-PC-ITX-Modelle müssen oft Abstriche bei der Ausstattung machen, da ohne kostspieligen Mehraufwand schlicht der Platz für viele Schnittstellen fehlt. Micro-ATX (µATX) und normales, „full-size“ ATX unterscheiden sich dagegen primär in der Zahl der möglichen Erweiterungskarten – gerade in Kombination mit dicken Spieler-Grafikkarten geht Micro-ATX schnell die Luft aus. Noch größere Mainboards werden meist als „E-ATX“ bezeichnet, selbst wenn sie nur wenige Zentimeter breiter als ATX und weit von echtem E-ATX (305 × 330 mm) entfernt sind.

Intel-Mainstream: Sockel 1151 (Skylake, Kaby Lake)

Spieler entscheiden sich derzeit meist für Intels LGA 1151. Vom günstigen Pentium (z. B. G4560) bis zum Core i7-7700K deckt die Plattform eine große Preis- und Leistungsspanne ab, ebenso vielfältig ist das Mainboard-Angebot. Allen gemeinsam ist die Anbindung von Grafikkarten über 16 PCI-Express-3.0-Lanes direkt von der CPU, viele Z170- und Z270-Mainboards teilen diese optional auf zwei Slots mit je acht Datenleitungen auf.

Ressourcen-Teilung

Vereinzelt wird dieses „Lane-Sharing" ausgeweitet, sodass drei Slots mit ×8/×4/×4 betrieben werden können. PCGH rät aber von Grafikkarten-Anbindungen mit weniger als acht PCI-Express-3.0-Lanes ab und wer einer einzelnen GPU die volle Datenrate gönnen möchte, verliert bei derartigen Layouts gleich zwei Slots (Verteilung ×16/×0/×0). Achten Sie also auf die in unseren Testtabellen angegebenen Verteilungsoptionen, denn mechanisch werden diese Steckplätze im ×16-Format ausgeführt (zu ×1-/×4-/×8-Karten abwärtskompatibel) und entsprechend beworben.

Auch die Ressourcen des PCHs werden oft „geshared", trotz reichhaltiger Ausstattung bei der Sockel-1151-Plattform: Z270 und Z170 stellen bis zu 24 (typisch 18) respektive 20 (14) PCI-E-3.0-Lanes bereit, H270 und H170 stehen ihnen kaum nach und auch der B250 (typisch 12) kann mithalten. Diese PCI-Express-Lanes werden feiner verteilt, da die DMI-Verbindung des PCHs zur CPU ohnehin einen Flaschenhals darstellt, über den maximal ×4-Geräte sinnvoll angebunden werden können. Davon gibt es mit Thunderbolt-3-Controllern (für schnelle Peripherie), NVME-M.2- und -U.2-SSDs (Mini-Steckkarten respektive 2,5-Zoll-Laufwerke) aber gleich drei Neuankömmlinge am Markt, mit 10-GBit/s-LAN steht ein vierter Anwärter bereit und auch USB-3.1-Controller verlangen ihr Stück vom Kuchen (meist ×2). Auf Mainboards mit gehobener Ausstattung (für die jeweilige PCH-Klasse) kann deswegen regelmäßig nur ein Teil der Möglichkeiten gleichzeitig genutzt werden – auch hier verschafft die Testtabelle Klarheit (M.2 und PCH-Lane-Verteilung).

Zukunftssicher?

Wer sein System über lange Zeit nutzen möchte, achtet alternativ oder zusätzlich auf einen herkömmlichen, Sharing-freien PCI-Express-×4-Slot. Denn noch ist unklar, welche der genannten Schnittstellen in Zukunft die wichtigste ist oder ob noch weitere hinzukommen – aber sie alle lassen sich notfalls per Controller- oder Adapter-Karte nachrüsten, wenn man einen passenden Steckplatz frei hat.

Die potenzielle Lebenserwartung aktueller High-End-Sockel-1151-Systeme ist auf alle Fälle hoch. So sind die Vor-Vor-Vor-Vorgänger-CPUs der Sandy-Bridge-Generation (Sockel 1155) noch immer weit verbreitet und ihre aktuellen Urahnen könnten ähnlich lange Nutzungszeiten erreichen. Zusätzlich werden für den Sockel 1151 weitere Aufrüstoptionen erwartet. Unter den Codenamen Cannonlake und Coffee Lake soll Intel an neue Prozessoren mit gesteigerter Effizienz respektive zwei zusätzlichen Kernen (insgesamt sechs) arbeiten. Beide Baureihen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit 2018 für einen unveränderten Sockel 1151 erscheinen. Die Kompatibilität zu heutigen Mainboards ist aber unklar, denn Intels Firmware kann CPU-PCH-Kombinationen funktional einschränken oder ganz sperren.

Aktuell verhindert diese Technik die Nutzung von Übertaktungsoptionen der „K"-SKUs (beispielsweise i7-7700K, i5-7600K) auf Mainboards ohne Z170-/Z270-PCH und sie trennt die Desktop- von der Workstation-Baureihe. So laufen Sockel-1151-Xeons nicht auf den Desktop-PCs und die Desktop-CPUs umgekehrt nicht auf Workstation-Mainboards mit C232-PCH, obwohl es jeweils um technisch identische Chips handelt. In der Sockel-1150-Vorgängergeneration nutzte Intel die gleiche Technik, um den Betrieb von Prozessoren der dritten Generation mit PCHs der ersten Generation (Z87, H87) zu verhindern. Möglicherweise droht Z170, H170 und B150 in Bezug auf Coffee- und Cannonlake das gleiche Schicksal. Hier und jetzt sind die Mainboards aus der Skylake-Generation aber uneingeschränkt zu den neueren Kaby-Lake-CPUs kompatibel (und umgekehrt). Schlimmstenfalls muss man vom Händler das Aufspielen eines aktuellen UEFI verlangen, wenn die Platine zu lange im Regal lag.

Asus Maximus VIII Ranger: Immer noch interessant. Eine unserer Empfehlungen spiegelt diese Kompatibilität wider. Asus' letztes Ranger verfügt „nur" über den alten Z170-PCH, nutzt dessen Ressourcen aber optimal und ohne verwirrendes Sharing: ×4-Slot, M.2-Steckplatz, USB-3.1-Controller, zahlreiche USB-Anschlüsse sowohl hinten als auch in Header-Form für Front-Panels und ein durchdachtes Layout sind für 190 Euro weiterhin einen Blick wert. Dazu gibt es eine praktische Onboard-Diagnose-Anzeige und -Temperaturfühler-Anschlüsse.

MSI Z270 Gaming Pro Carbon: Neu und bezahlbar. Eine Klasse tiefer und eine Generation jünger ist die Alternativempfehlung ähnlich

„Gamer"-Mainboards wollen auch mit ihrer Beleuchtung begeistern. Farbe, Effekte und Helligkeit sind beim MSI Z270 Gaming Pro Carbon in mehreren Zonen regelbar.

Übersichtlich: Ohne Sharing und ohne Multi-GPU-Option wirkt das Erweiterungslayout (M.2, ×16, ×4, 3× ×1), des Asrock Fatal1ty Z170 Gaming K4 sehr aufgeräumt.

teuer, verzichtet aber auf spezielle Onboard-Features für Tweaker und Bastler. Dafür gibt es einen zweiten M.2-Slot, mehr USB-3.0-Ports am I/O-Panel und effektvolle RGB-Beleuchtungsmöglichkeiten. Das Layout opfert einen ×1-Slot an Grafikkartenkühler, im Gegenzug fällt der Stromverbrauch etwas geringer aus als bei Asus und dank Z270-PCH stehen die Chancen für zukünftige Aufrüstungen besser. Präferenzen muss bei diesem Gleichstand jeder Kaufinteressierte selbst setzen.

Gigabyte Z170X-Gaming 3, Asrock Z170 Gaming K4 und Asrock Z170 Extreme4: Knallharter Dreikampf. Eine Preisklasse tiefer fällt die Entscheidung eindeutig zugunsten der letzten Generation – einfache Z270-Mainboards sind schlicht noch zu teuer; H270 und H170 bieten gegenüber ihren Z-Kollegen ohnehin kaum Einsparpotenzial, verlieren aber alle Übertaktungsmöglichkeiten. In der 100-bis-150-Euro-Klasse verbleiben drei sehr interessante Z170-Kandidaten mit eigenen Stärken und Schwächen.

Gigabyte bietet eine Möglichkeit, die Ressourcen von vier SATA-Ports an einen zweiten M.2-Slot umzuleiten – in ein paar Jahren sicherlich nützlich, wenn SATA-Laufwerke von NVME-SSDs verdrängt wurden. Im Gegenzug ist die Spannungswandlerkühlung beim Z170X-Gaming 3 eher mittelmäßig, genauso wie beim günstigeren Asrock Z170 Extreme4. Letzteres punktet mit einer Onboard-Diagnose-Anzeige und zahlreichen USB-3.0-Anschlüssen, dafür deaktiviert hier schon die Nutzung des einzigen M.2-Steckplatzes zwei SATA-Anschlüsse. Dritter und Günstigster im Bunde ist das Z170 Gaming K4. Hier gibt es nicht einmal USB 3.1 oder eine Multi-GPU-Option, dafür aber auch keinerlei Lane-Sharing und eine CPU-Stromversorgung auf dem Niveau teurerer Platinen – optimal für puristische Übertakter.

Asrock B150M Pro4S: Von allem das Nötigste. Noch einmal 50 Euro günstiger (und übertaktungsuntauglich) sind B150-Mainboards. Solange B250-Modelle nicht im Preis fallen, raten wir zum Asrock B150M Pro4S, da es sich dank ×4-Slot mit M.2 oder anderen Schnittstellen nachrüsten lässt.

SOCKEL-1151-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

Proukt	Maximus VIII Ranger	Z270 Gaming Pro Carbon	Maximus IX Hero
Hersteller (Website)	Asus (www.asus.de)	MSI (www.msi.com)	Asus (www.asus.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 190,-/gut	Ca. € 180,-/gut	Ca. € 270,-/befriedigend
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1306336	www.pcgh.de/preis/1557471	www.pcgh.de/preis/1557900
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel Z170; 0801; 1.01	Intel Z270; 1.23; 1.0	Intel Z270; 0603; 1.01
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm
Ausstattung (20 %)	**2,20**	**2,26**	**2,12**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4
PCI-E-Standard*	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0	–/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	×1/–/–/×1/–/×1/×4	–/–/×1/×1/–/×1/×4	×1/–/–/×1/–/×0/×4 oder ×1/–/–/×1/–/×1/×2
SATA	6× 6 GBit/s (Z170), 4 als 2× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (6× Z270)	6× 6 GBit/s (6× Z270)
M.2, Anbindung, Format	1× PCI-E-3.0-×4, 42/60/80/110 mm	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 42/60/80/110 mm; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 42/60/80 mm	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 42/60/80/110 mm; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 42/60/80 mm; 1× M.2 e-Key, PCI-E-3.0-×1 (vertikal)
Onboard-LAN	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit (Intel I219-V)
Monitor-Anschlüsse	HDMI/Display Port	HDMI/DVI-D	HDMI/Display-Port
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C); 2×/4× USB 3.0; 4×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern); 4×/4× USB 3.0; 2×/4× USB 2.0	2×/2× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern/×2 USB-3.1-spezial-Front-Panel-Header); 4×/2× USB 3.0; 4×/2× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port	PS/2-Maus-und-Tastatur-Combo-Port	–
Sound-Chip	Realtek ALC1150	Realtek ALC1220	Realtek "S1220" (vermutlich ALC1220)
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/wechselbarer OP-AMP	Ja/ja/nein	Ja/nein/nein	Ja/nein/nein
Audio-Aus-/Eingänge	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo
Lüfteranschlüsse	7× 4-Pin PWM	6× 4-Pin PWM	8× 4-Pin PWM
Sonstige Ausstattung	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; Statussegment-anzeige; Anschluss für Temperatursensor; TB-Header, gesockeltes UEFI	Clear-CMOS-Jumper; regelbare RGB-Beleuchtung; Anschluss für RGB-LED-Streifen	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter; regelbare RGB-Beleuchtung; Anschluss für RGB-LED-Streifen; Anschluss für Durchflussmesser; Anschluss für drei Temperatursensoren; Statussegment-anzeige;
Beiliegend	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Handbuch Englisch	2× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Y-Kabel für RGB-LED-Streifen; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; HB-SLI-Brücke; Verlängerung für RGB-LED-Anschluss; Handbuch Englisch
Eigenschaften (20 %)	**1,81**	**1,79**	**1,58**
Abstand** CPU <> 1./2. RAM-Slot	55/64 Millimeter	53/62 Millimeter	54/64 Millimeter
Abstand** CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler	0/0 (Kühler 24 mm flach)	– (24 mm flach)	58/– Millimeter
Abstand** CPU <> 1. PCI-E-×16	94 Millimeter	93 Millimeter	92 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	2 Slots	2 Slots	2 Slots
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar
CPU-Spannung	0,6 bis 1,7 Volt	Offset +0 bis +0,35 V	Offset +0 bis +0,35 V
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-4266	DDR4-4133	DDR4-4266
Maximale Speicherspannung	2,00 Volt	2,20 Volt	2,40 Volt
Lüftersteuerung	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**2,55**	**2,63**	**2,79**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	100,90 MHz	100,00 MHz	100,00 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	143,8 Fps	143,0 Fps	143,0 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	145,0 Sekunden	148,7 Sekunden	148,6 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	31.489 MB/s	30.822 MB/s	31.182 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	24,1 Sekunden	22,2 Sekunden	27,5 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH***	51/36/40 °C	52/41/40 °C	52/38/45 °C
Stromver.**** Soft-off/Leerl./Last***	1,9/44,1/301 Watt	1,0/39,5/291 Watt	1,5/48,2/302 Watt
FAZIT	⊕ Kein HSIO-Sharing ⊕ Gute Kühlung ⊕ Durchdachtes Layout	⊕ Gute Kühlung ⊕ Kurze Bootzeit ⊕ Niedriger Verbrauch	⊕ Aufwendige Soundlösung ⊕ Temperatursensor- & DFS-Anschlüsse ⊕ 10× USB extern
	Wertung: **2,33**	Wertung: **2,39**	Wertung: **2,41**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget; 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL DDR3-2133, EKL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 + Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

SOCKEL-1151-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

Produkt	Z270 FTW K	Z270X-Gaming 7	Z170 Classified 4-Way	C7Z270-CG	Z270 Gaming K6
Hersteller (Website)	EVGA (www.evga.de)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	EVGA (www.evga.de)	Super Micro (www.supero.com)	Asrock (www.asrock.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 330,-/ausreichend	Ca. € 240,-/befriedigend	Ca. € 500,-/ungenügend	Ca. € 270,-/befriedigend	Ca. € 200,-/gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1561593	www.pcgh.de/preis/1557876	www.pcgh.de/preis/1306951	www.pcgh.de/preis/1578717	www.pcgh.de/preis/1544856
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel Z270; 1.01; 1.0	Intel Z270; F2; 1.0	Intel Z170; 1.03; 1.0	Intel Z270; 1.0; 1.01	Intel Z270; 1.14; 1.02
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	E-ATX; 305 × 264 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm
Ausstattung (20 %)	**2,37**	**1,91**	**2,39**	**2,80**	**1,98**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4
PCI-E-Standard*	3.0/3.0/–/3.0/3.0/–/3.0	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0	–/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	×16/–/×0/×0/×0/–/×0 oder ×8/–/×16/×0/×16/–/×0 (×16-Slots via PLX als ×8 an CPU angebunden!) oder ×8/–/×8/×8/×8/–/×8	–/×16/–/–/×0/–/×0 oder –/×8/–/–/×8/–/×0 oder –/×8/–/–/×4/–/×4	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	×4/–/–/×1/–/–/×1	×1/–/–/×1/–/×0/×4 oder ×1/–/–/×1/–/×1/×4 und 1× SATA deaktiviert	–/–/–/–/–/×4/–	–/–/×1/×1/–/×1/–	×1/–/–/×1/–/×1/×4
SATA	6× 6 GBit/s (Z270), 4 als 2× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (Z270), 6 als 3× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (Z170), 4 als 2× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar; 2× 6 Gbit/s (Marvell 9220)	6× 6 GBit/s (6× Z270)	8× 6 GBit/s (6× Z270; 2× ASM1061)
M.2, Anbindung, Format	2× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 60/80/110 (deaktiviert jeweils 2× SATA/1× SATA-Express); 1× M.2 e-Key, PCI-E-3.0-×1 (deaktiviert PCI-E ×1); 1× U.2, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert PCI-Express ×4);	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 42/60/80/110 mm; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert PCI-E ×4), 42/60/80 mm; 1× U.2, PCI-E-3.0-×4	1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2×SATA), 42/60/80 mm; 1× PCI-E-3.0-×1 E-Key, 30 mm	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 60/80; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 60/80/110 (deaktiviert 2× SATA); 1× U.2, PCI-E-3.0-×4; 1× U.2, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert ersten M.2)	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 30/42/60/80/110 mm; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 30/42/60/80 mm; 1× M.2 e-Key, PCI-E-3.0-×1, 2230
Onboard-LAN	2× Gigabit (Intel I219-V + Killer E2400)	2× Gigabit (Intel I219-V + Killer E2500)	2× Gigabit (Intel I219-V + Intel i210)	1× Gigabit (Intel I219-V)	2× Gigabit (Intel I219-V + Intel I211-AT)
Monitor-Anschlüsse	HDMI/Display-Port	HDMI/Display-Port	HDMI/Display Port	HDMI/Display Port/DVI-D	HDMI/DVI-D/D-Sub
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern); 6×/4× USB 3.0; 0×/2× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern); 5×/4× USB 3.0; 0×/4× USB 2.0	0×/2× USB 3.1; 6×/2× USB 3.0; 2×/0× USB 2.0	4×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern); 0×/2× USB 3.0; 2×/6× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C extern); 4×/4× USB 3.0; 0×/6× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	–	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port	Keine	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header	PS/2-Maus-und-Tastatur-Combo-Port; COM-Header
Sound-Chip	Realtek ALC1150	Creative Sound Core 3D	Creative Sound Core 3D	Realtek ALC1150	Realtek ALC1220
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/ wechselbarer OP-AMP	Ja/nein/nein	Ja/nein/ja	Nein/nein/nein	Ja/nein/nein	Ja/nein/nein
Audio-Aus-/Eingänge	7.1, optisch/1× Stereo	5.1 + 2.0, optisch/1× Stereo	5.1 + 2.0, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo
Lüfteranschlüsse	7× 4-Pin PWM	7× 4-Pin PWM	7× 4-Pin PWM	5× 4-Pin PWM	5× 4-Pin PWM
Sonstige Ausstattung	Gesockeltes UEFI; Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; Statussegmentanzeige;	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter; Dual-UEFI; regelbare RGB-Beleuchtung; Anschluss für RGBW-LED-Streifen; Thunderbolt-Header; Statussegmentanzeige; 2× Anschluss für Temperatursensoren; Thunderbolt-3-Controller	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; TB-Header; Statussegmentanzeige; Triple-UEFI; gesockeltes UEFI	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter; DOM-Stromversorgung; Statussegmentanzeige;	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Jumper; Dual-UEFI; regelbare RGB-Beleuchtung; Anschluss für RGB-LED-Streifen; Statussegmentanzeige
Beiliegend	2× SATA-Kabel; ausführliches Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; HB-SLI-Brücke; Verlängerungs-Kabel für RGBW-LED-Streifen; 2× Temperatursensor; Handbuch Englisch	2× SATA-Kabel; 2×-USB-3.X-Slotblende; SLI-Brücke; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel. Handbuch nur online	4× SATA-Kabel; HB-SLI-Brücke; 1× Postkarte; Handbuch Deutsch
Eigenschaften (20 %)	**1,87**	**1,97**	**2,16**	**1,79**	**1,78**
Abstand CPU <> 1./2. RAM-Slot**	51/59 Millimeter	56/65 Millimeter	51/60 Millimeter	51/58 Millimeter	52/61 Millimeter
Abstand CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler**	48/– Millimeter	62/65 Millimeter	48/49 Millimeter	65/69 Millimeter	52/– Millimeter
Abstand CPU <> 1. PCI-E-×16**	98 Millimeter	95 Millimeter	78 Millimeter	97 Millimeter	95 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	2 Slots	2 Slots	3 Slots	2 Slots	2 Slots
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar
CPU-Spannung	Offset +0 bis +0,35 V	Offset +0 bis +0,35 V	0,8 bis 2,0 Volt	Offset +0 bis +0,35 V	Offset +0 bis +0,35 V
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Ja/ja/ja/ja	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Nein/ja/nein/ja, konfigurierbar
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4133
Maximale Speicherspannung	2,00 Volt	2,00 Volt	2,00 Volt	1,75 Volt	1,80 Volt
Lüftersteuerung	Kurve konfigurierb.; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierb.; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierb.; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierb.; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierb.; CPU + weitere Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	All-Core-Turbo nicht deaktivierbar. (Für Leistungsmessungen auf 4,0 GHz begrenzt)	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**2,68**	**2,80**	**2,59**	**2,67**	**2,98**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,98 MHz	100,02 MHz	99,73 MHz	99,98 MHz	100,85 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	140,8 Fps	143,2 Fps	141,7 Fps	142,0 Fps	145,0 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	148,0 Sekunden	149,9 Sekunden	146,4 Sekunden	148,6 Sekunden	147,8 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	30.856 MB/s	31.099 MB/s	30.852 MB/s	31.012 MB/s	31.588 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	43,2 Sekunden	28,4 Sekunden	33,1 Sekunden	41,3 Sekunden	36,7 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH* **	39/28/38 °C	51/38/44 °C	33/27/37 °C	35/28/35 °C	66/41/46 °C
Stromver.** Soft-off/Leerl./Last*****	1,0/41,4/285 Watt	1,0/45,6/310 Watt	3,1/45,6/285 Watt	1,2/38,2/310 Watt	2,6/45,3/317 Watt
FAZIT	⊕ Sehr gute Kühlung ⊕ Geringer Stromverbrauch ⊕ Zahlreiche USB 3.0	⊕ Creative-Onboard-Sound ⊕ Thunderbolt 3 ⊕ U.2 zusätzlich zu 2× M.2	⊕ Zahlreiche ×16-Slots ... ⊖ ... aber meist ×8 zur CPU ⊖ Extrem teuer	⊕ Sehr gute Kühlung ⊕ 4× USB 3.1 ⊖ Ungünstiges PCI-E-Layout	⊕ SATA-Zusatzcontroller ⊕ WLAN-Vorbereitung ⊖ Beide M.2 sharen mit SATA
	Wertung: **2,45**	Wertung: **2,46**	Wertung: **2,46**	Wertung: **2,52**	Wertung: **2,54**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget, 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL DDR3-2133, EKL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 +Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

SOCKEL-1151-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

Produkt	Z170X-Gaming 3	Z170A Gaming M7	Z170 Gaming K4	Z170 Extreme4	Z270GT6
Hersteller (Website)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	MSI (www.msi.com)	Asrock (www.asrock.de)	Asrock (www.asrock.de)	Biostar (www.biostar-europe.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 150,-/gut	Ca. € 210,-/befriedigend	Ca. € 130,-/gut	Ca. € 140,-/gut	Ca. € 210,-/befriedigend
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1306467	www.pcgh.de/preis/1306689	www.pcgh.de/preis/1306625	www.pcgh.de/preis/1306610	www.pcgh.de/preis/1558351
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel Z170; F3a; 1.0	Intel Z170; 1.54; 1.0	Intel Z170; 1.80; 1.04	Intel Z170; 3.2; 1.04	Intel Z270; Z27DFB21; 5.0
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 235 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 218 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 225 mm
Ausstattung (20 %)	**2,37**	**2,36**	**2,46**	**2,33**	**2,87**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4
PCI-E-Standard*	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/–/3.0/3.0/–/3.0	3.0/3.0/–/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/–/–/–	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/–	–/×16/–/–/–/–/–
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	×1/–/–/×1/–/×0/×4 oder ×1/–/–/×1/–/×1/×1	×1/–/×0/×1/–/×0/×4 oder ×1/–/×1/×1/–/×1/×2 oder ×1/–/×1/×0/–/×1/×2 und zweiter M.2 @×4	×1/–/–/×1/×4/–/×1	×1/–/–/×1/–/×1/×4	–/–/×1/×1/×4/×1/×4
SATA	6× 6 GBit/s (Z170), 6 als 3× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (Z170), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar; 2× 6 Gbit/s (2× ASM 1061)	6× 6 GBit/s (Z170), 4 als 2× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (Z170), 6 als 3× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (6× Z270)
M.2, Anbindung, Format	1× PCI-E-3.0-×4, 42/60/80 mm; 1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 4× SATA), 42/60/80 mm	1× PCI-E-3.0-×4, 60/80/110 mm; 1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA/1× SATA-Express und 1× PCI-E ×1), 60/80/110 mm	1× PCI-E-3.0-×4, 30/42/60/80/110 mm	1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA/1× SATA-Express), 30/42/60/80/110 mm	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert oberen PCI-E ×4), 42/60/80; 1× U.2, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA)
Onboard-LAN	1× Gigabit (Killer E2201)	1× Gigabit (Killer E2400)	1× Gigabit (Killer E2400)	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit (Intel I219-V)
Monitor-Anschlüsse	HDMI/DVI-D/D-Sub	2× HDMI/Display Port	HDMI/DVI-D	HDMI/Display-Port/DVI-D	HDMI/DVI-D
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C); 3×/4× USB 3.0; 2×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C); 2×/4× USB 3.0; 3×/4× USB 2.0	6×/2× USB 3.0 (davon ×1/× Typ-C); 2×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C); 6×/2× USB 3.0; 0×/4× USB 2.0	5×/2× USB 3.0 (davon ×1/×0 Typ-C); 2×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port, COM (Header)	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port, COM (Header)	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port, COM (Header)	PS/2-Tastatur-Port
Sound-Chip	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150	Realtek ALC892
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/ wechselbarer OP-AMP	Ja/nein/nein	Ja/nein/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/nein/nein
Audio-Aus-/Eingänge	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1/Eingang ×2
Lüfteranschlüsse	1× 4-Pin PWM; 4× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	2× 4-Pin PWM; 3× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	2× 4-Pin PWM; 4× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	4× 4-Pin PWM; 1× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	5× 4-Pin PWM
Sonstige Ausstattung	TB-Header; Dual-UEFI	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; CPU-Temperatur- und Statussegmentanzeige	Clear-CMOS-Jumper; gesockeltes Dual-UEFI	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; gesockeltes Dual-UEFI; TB-Header; Statussegment-anzeige	Power- und Reset-Schalter (Touch); Clear-CMOS-Jumper; regelbare RGB-Beleuchtung; 2× Anschluss für RGB-LED-Streifen (kompakt/2 mm pitch); Statussegmentanzeige
Beiliegend	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Handbuch Englisch; World of Tanks Bonus-Code	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; 1× Adapter 2-mm-RGB-Anschluss auf normales 2,54-mm-Raster; Handbuch Englisch; 240 GB SSD (SATA)
Eigenschaften (20 %)	**2,13**	**1,97**	**2,74**	**2,26**	**2,58**
Abstand** CPU <> 1./2. RAM-Slot	56/65 Millimeter	53/62 Millimeter	53/62 Millimeter	53/62 Millimeter	52/61 Millimeter
Abstand** CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler	61/64 Millimeter	0/0 (Kühler 23 mm flach)	49/56 Millimeter	57/58 Millimeter	53/– Millimeter
Abstand** CPU <> 1. PCI-E-×16	93 Millimeter	93 Millimeter	95 Millimeter	91 Millimeter	94 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	2 Slots	2 Slots	– (nur ein PEG)	2 Slots	– (nur ein PEG)
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/ einstellbar
CPU-Spannung	0,6 bis 1,8 Volt	0,6 bis 2,2 Volt	0,9 bis 1,5 Volt	0,9 bis 1,5 Volt	Offset +0 bis +0,35 V
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4133	DDR4-4000
Maximale Speicherspannung	2,00 Volt	2,20 Volt	1,80 Volt	1,80 Volt	1,60 Volt
Lüftersteuerung	Kurvensteigung wählbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurvensteigung wählbar; CPU + weitere Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**2,75**	**2,83**	**2,61**	**2,87**	**2,84**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	100,00 MHz	100,27 MHz	100,00 MHz	100,83 MHz	99,88 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	142,8 Fps	140,1 Fps	144,0 Fps	141,0 Fps	143,4 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	145,5 Sekunden	145,3 Sekunden	146,2 Sekunden	146,9 Sekunden	148,4 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	31.065 MB/s	30.963 MB/s	31.386 MB/s	31.648 MB/s	31.122 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	20,6 Sekunden	22,4 Sekunden	20,4 Sekunden	22,0 Sekunden	35,3 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH***	66/37/44 °C	56/49/41 °C	60/32/38 °C	66/35/40 °C	61/47/40 °C
Stromver.**** Soft-off/Leerl./Last***	0,9/38,8/307 Watt	4,9/46,9/307 Watt	0,7/41,3/293 Watt	0,4/44,4/302 Watt	0,9/36,4/313 Watt
FAZIT	⊕ 2× M.2 32 Gbit/s ⊕ Viele USB 3.X ⊖ Kühlung ausreichend	⊕ Viele PCI-E-Möglichkeiten ⊕ Bezahlbar ⊖ Hoher Standby-Verbrauch	⊕ Kein HSIO-Sharing ⊕ Günstig ⊖ Knappe Ausstattung	⊕ Umfangreiche Ausstattung ⊕ Übertaktung möglich ⊕ Relativ günstig	⊕ 240 GB SSD inklusive ⊕ Geringer Idle-Verbrauch ⊖ Einfache Lüftersteuerung
	Wertung: **2,55**	Wertung: **2,56**	Wertung: **2,61**	Wertung: **2,64**	Wertung: **2,79**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget; 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL DDR3-2133, EKL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 + Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

SOCKEL-1151-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

Produkt	H170A PC Mate	Z170GT7	B150M Pro4S	C7H170-M	H110M-Plus
Hersteller (Website)	MSI (www.msi.com)	Biostar (www.biostar-europe.com)	Asrock (www.asrock.de)	Super Micro (www.supermicro.de)	Asus (www.asus.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 100,-/sehr gut	Ca. € 160,-/gut	Ca. € 75,-/sehr gut	Ca. € 160,-/gut	Ca. € 70,-/sehr gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1319556	www.pcgh.de/preis/1390374	www.pcgh.de/preis/1318332	www.pcgh.de/preis/1326288	www.pcgh.de/preis/1350313
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel H170; B.7; 2.1	Intel Z170; Z17EF421; 5.0	Intel B150; 1.80; 1.02	Intel H170; 1.1; 1.01	Intel H110; 1802; 1.04
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	Micro-ATX; 244 × 244 mm	Micro-ATX; 244 × 244 mm	Micro-ATX; 226 × 186 mm
Ausstattung (20 %)	**3,43**	**2,58**	**3,77**	**3,42**	**4,37**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	4× DDR4	2× DDR4
PCI-E-Standard*	3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/PCI/PCI	3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0/3.0	3.0/3.0/3.0/3.0	–/3.0/3.0/3.0	3.0/2.0/2.0/–
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	–/×16/–/–/–/–	×16/–/×0/–/–/–/– oder ×8/–/×8/–/–/–	×16/–/–/–	–/×16/–/–	×16/–/–/–
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	×1/–/×1/×1/×1/–/– oder ×1/–/×0/×1/×2/–/– oder ×0/–/×0/×0/×4/–/–	–/×1/–/×0/×4/×0/×4 oder –/×1/–/×1/×2/×1/×4	–/×1/×1/×4	–/–/×4/×1	–/×1/×1/–
SATA	6× 6 GBit/s (H170), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (Z170), 6 als 3× SATA-Express (PCI-Express 3.0 ×2) nutzbar	6× 6 GBit/s (B150)	6× 6 GBit/s (H170)	4× 6 GBit/s (H110)
M.2, Anbindung, Format	1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA), 42/60/80 mm	1× PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA/1× SATA-Express), 42/60/80 mm	–	1× PCI-E-3.0-×4, 60/80/110 mm	–
Onboard-LAN	1× Gigabit	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit (Intel I219-V)	1× Gigabit
Monitor-Anschlüsse	HDMI/DVI-D/D-Sub	2× HDMI/DVI-D/D-Sub	HDMI/DVI-D	HDMI/Display Port/DVI-D	HDMI/DVI-D/D-Sub
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1; 4×/2× USB 3.0; 0×/4× USB 2.0	1×/0× USB 3.1 (davon ×1 Typ-C); 5×/2× USB 3.0; 0×/4× USB 2.0	4×/2× USB 3.0; 0×/2× USB 2.0	4×/2× USB 3.0; 2×/2× USB 2.0	2×/0× USB 3.1; 2×/2× USB 3.0; 2×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PCI; PS/2-Tastatur; PS/2-Maus; COM (Header); LPT (Header)	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port; COM (Header); LPT (Header)	PS/2-Maus-Tastatur-Combo-Port, COM (Header)	PS/2-Tastatur; PS/2-Maus; COM (Header)
Sound-Chip	Realtek ALC887	Realtek ALC898	Realtek ALC892	Realtek ALC1150	Realtek ALC887
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/wechselbarer OP-AMP	Nein/nein/nein	Ja/nein/nein	Nein/nein/nein	Nein/nein/nein	Nein/nein/nein
Audio-Aus-/Eingänge	5.1/Eingänge nur als Doppelbelegung	7.1/Eingang ×2	5.1/Eingänge nur als Doppelbelegung	7.1/Eingang ×2	5.1/Eingänge nur als Doppelbelegung
Lüfteranschlüsse	2× 4-Pin PWM; 2× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	5× 4-Pin PWM	3× 4-Pin PWM	5× 4-Pin PWM	2× 4-Pin PWM
Sonstige Ausstattung	Clear-CMOS-Jumper; Status-LEDs	Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Jumper; gesockeltes Dual-UEFI; Spannungsmesspunkte; regelbare RGB-Beleuchtung; Anschluss für RGB-LED-Streifen; Statussegmentanzeige	Clear-CMOS-Jumper; gesockeltes UEFI	Onboard-Power- und Clear-CMOS-Schalter	Clear-CMOS-Jumper; gesockeltes UEFI
Beiliegend	4× SATA-Kabel; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; Handbuch Englisch; nur in erster Produktionscharge: RGB-LED-Streifen (30 cm, 18 LEDs)	2× SATA-Kabel; kurzes Handbuch Deutsch	4× SATA-Kabel; kein Handbuch (online)	2× SATA-Kabel; kurzes Handbuch Englisch
Eigenschaften (20 %)	**2,37**	**3,06**	**1,78**	**3,86**	**3,08**
Abstand** CPU <> 1./2. RAM-Slot	53/63 Millimeter	52/61 Millimeter	53/62 Millimeter	51/58 Millimeter	51 Millimeter/– (1 Slot pro Speicherkanal)
Abstand** CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler	0/0 (Kühler 23 mm flach)	65/67 Millimeter	0/– (Kühler 13 mm flach)	52/– Millimeter	–/– (keine Spannungswandlerkühler)
Abstand** CPU <> 1. PCI-E-×16	94 Millimeter	79 Millimeter	75 Millimeter	97 Millimeter	78 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	– (nur ein PEG)	1 Slot	– (nur ein PEG)	– (nur ein PEG)	– (nur ein PEG)
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Absenkbar/einstellbar/nicht einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar	Nicht einstellbar/nicht einstellbar/nicht einstellbar	Nicht einstellbar/nicht einstellbar/einstellbar	Absenkbar/einstellbar/nicht einstellbar
CPU-Spannung	Nicht einstellbar	0,5 bis 1,8 Volt	Offset +0 bis +0,5 V	Offset +0 bis +0,35 V	Nicht einstellbar
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Nein/nein/nein/nein	Nein/nein/nein/nein	Nein/ja/nein/nein	Nein/ja/nein/nein	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Nicht einstellbar/nicht einstellbar/nicht einstellbar	Nicht einstellbar/einstellbar/nicht einstellbar	Nicht einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-2133	DDR4-4000	DDR4-2133	DDR4-2133	DDR4-2133 (4266 anwählbar, aber kein Boot bei 2200 und höher)
Maximale Speicherspannung	1,60 Volt	1,60 Volt	1,55 Volt	1,52 Volt	1,50 Volt
Lüftersteuerung	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurvensteigung wählbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	"An" oder "Aus" für alle Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weiterer Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**2,76**	**3,03**	**3,12**	**2,75**	**3,35**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,78 MHz	100,51 MHz	100,00 MHz	99,98 MHz	99,76 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	140,9 Fps	141,7 Fps	140,6 Fps	142,2 Fps	138,5 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	148,3 Sekunden	148,5 Sekunden	148,1 Sekunden	148,5 Sekunden	149,0 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	30.879 MB/s	31.415 MB/s	31.184 MB/s	31.384 MB/s	31.141 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	19,7 Sekunden	20,0 Sekunden	22,8 Sekunden	38,6 Sekunden	19,6 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH***	56/36/40 °C	74/49/42 °C	84/38/40 °C	52/35/41 °C	93/93/41 °C
Stromver.**** Soft-off/Leerl./Last***	1,8/42,8/292 Watt	1,2/45,0/309 Watt	0,3/39,5/299 Watt	1,5/33,6/301 Watt	0,8/41,1/302 Watt
FAZIT	⊕ Günstig ⊕ Geräumiges Layout ⊖ Lane-Sharing M.2 und ×4	⊕ 2× PCI-E ×4 und M.2 ×4 ⊕ Übertaktung möglich ⊖ Layout missachtet GPU-Kühler	⊕ Sehr günstig ⊕ Für B150 gute Erweiterbarkeit ⊖ Heiße Spannungswandler	⊕ Kühle Spannungswandler ⊕ BCLK-OC mit UEFI 1.1 ⊖ Lange Bootzeit	⊕ Niedriger Preis ⊖ Schlechte Erweiterbarkeit ⊖ Sehr heiße Spannungswandler
	Wertung: **2,82**	Wertung: **2,95**	Wertung: **2,98**	Wertung: **3,10**	Wertung: **3,50**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget, 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 + Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

Intel-High-End: Sockel-2011-v3 (Broadwell-E)

Intels Produktpalette ist seit Jahren horizontal gespalten und die Trennung verläuft mitten durch die Ansprüche ambitionierter Spieler: Der Sockel 1151 und seine Vorgänger decken nicht nur Teile der Oberklasse und den Mainstream-Markt ab, sondern auch das gesamte Einsteigersegment. Entsprechend muss die Plattform Rücksicht auf die Anforderungen günstiger Komplettsysteme nehmen. Den anderen Teil der (Spieler-)Oberklasse bedient der Sockel 2011-v3, dessen Hauptzielgruppe eigentlich Enthusiasten mit deutlich vierstelligem Budget sind. Diesen bietet der ursprünglich für Server und Workstations entwickelte Sockel 2011-v3 (nicht mit seinem ähnlich am Markt platzierten, aber inkompatiblen Vorgänger 2011/2011-0 zu verwechseln) deutlich von der Mittelklasse abweichende Features.

Maximal-Ambitionen

Auf der Habenseite stehen vor allem die mächtigeren Prozessoren. Bis zu 10 Rechenkerne (bei prinzipiell kompatiblen, aber unbezahlbaren Server-Xeons sogar bis zu 24), vier statt zwei Speicherkanäle und bis zu 40 PCI-Express-3.0-Lanes direkt in der CPU sprechen eine deutliche Sprache. Dieser Aufwand schlägt sich auf der anderen Seite nicht nur im Preis der Prozessoren, sondern auch der Mainboards nieder. Außerdem läuft die Weiterentwicklung etwas langsamer ab; so stammt der einzig verfügbare PCH X99 aus dem Jahre 2014. Seine maximal 8 PCI-Express-Lanes mit alter 2.0-Geschwindigkeit und die üppigen 10 SATA-6-GBit/s-Ports wirken in Zeiten von PCI-Express-3.0-×4-SSDs antiquiert. Immerhin: Durch die 1-PCH-Politik entfallen etwaige Kompatibilitätsprobleme – alle Haswell-E- und Broadwell-E-Prozessoren laufen auf allen Sockel-2011-v3-Mainboards. Auch Übertaktungssperren gibt es sowohl auf Mainboard- als auch CPU-Seite keine, sodass tuningfreudige Anwender aus den weniger teuren Prozessoren viel Leistung herausholen können. Intels Modellpolitik berücksichtigt dies und differenziert weniger nach Taktraten und mehr nach Ausstattungsmerkmalen – wer zehn statt sechs Kerne haben möchte, der muss ungeachtet seiner Übertakterfähigkeiten High-End-Preise zahlen.

Passend zu den Multi-GPU-Fähigkeiten der Plattform liegen einigen Sockel-2011-v3-Mainboards HB-SLI-Brücken für die Verbindung zweier Geforce GTX 1070/1080 bei.

Enthusiasten müssen über Wasserkühlung nachdenken: Auf einigen Sockel-2011-v3-Mainboards (hier: EVGA X99 FTW K) wird es sogar für 120-mm-CPU-Kühler eng.

Zwei CPU-Ausbaustufen

Dominiert wird die Anschlussvielfalt der 2011-v3-Mainboards von den CPU-eigenen PCI-Express-Lanes. Diese gibt es aber in zwei Varianten: Das kleinste Modell Core i7-6800K (und sein Vorgänger i7-5820K aus der Haswell-E-Generation) verfügen „nur" über 28 der flotten Datenleitungen, alle größeren Modelle über deren 40. Die 16 brachliegenden Kontaktabschnitte bei Nutzung der günstigsteren Prozessoren führen 1:1 zu eingeschränkter Funktionalität der Mainboard-Ausstattung – bitte beachten Sie die jeweiligen Angaben in der Mainboard-Testtabelle.

Dank direkter CPU-Anbindung kommen alle PCI-Express-3.0-Leitungen prinzipiell für die Anbindung von Grafikkarten infrage. In Kombination mit einer 28-Lane-CPU ergibt sich aber kein Vorteil gegenüber dem Sockel 1151; die Grafikkarten werden symmetrisch mit ×8/×8 angebunden.

Die dritte Achtergruppe einer 28-Lane-CPU ist bei allen Mainboards fest an die vordere Hälfte eines Grafikkartenslots gebunden und kann somit nicht auf multiple 3.0-×4-Endgeräte aufgeteilt werden. Zusammen mit den verbleibenden vier Lanes #24 bis #27 sind, entsprechende Adapter vorausgesetzt, also nur zwei M.2-SSDs oder andere schnelle Peripherie möglich. Im Gegensatz zu den PCH-basierten Lösungen von Sockel-1151-Systemen können diese zwar gleichzeitig mit voller Geschwindigkeit arbeiten, dennoch ist die Mainstream-Z270-Plattform mit typischerweise drei 3.0-×4-Anschlüssen besser ausgestattet und auch beim Betrieb zweier Grafikkarten haben 28-Lane-CPU-Sockel-2011-v3-Systeme keine Vorteile. Dafür bieten sie zwei zusätzliche CPU-Kerne und ein flotteres Speicherinterface bei oft sehr geringen Mehrkosten.

In Kombination mit einem teureren 40-Lane-Prozessor (i7-6850K und aufwärts) blühen dagegen alle Sockel-2011-v3-ATX-Mainboards auf und bieten zwei echte ×16-Slots – erste Wahl für SLI- und Crossfire-Enthusiasten. Einige Designs aus der mit den aktuellen Broadwell-E-CPUs (i7-68XX/-69XX) im Sommer 2016 vorgestellten zweiten Mainboard-Generation können zusätzlich zwei M.2-/U-2-SSDs anbinden.

Asrock X99 Taichi: Geniales Layout, akzeptabler Preis. Um Platz für das riesige Quad-Channel-Speicherinterface zu schaffen, sind viele X99-Mainboards gezwungen, den großen CPU-Sockel ein Stück nach unten zu verschieben und die erste ATX-Slotöffnung für Erweiterungskarten ungenutzt zu lassen. Einige Layouts haben selbst dann noch Platzprobleme mit großen CPU-Kühlern. Nicht so das X99 Taichi: Asrock ist es gelungen, den gesamten CPU-Bereich so kompakt zu bauen, dass Erweiterungskarten darunter ebensoviel Platz vorfinden wie auf typischen Sockel-1151-Platinen. Zwei Triple-Slot-

Der neue Standard
jenseits des Standards.

PURE BASE 600

Ein außergewöhnliches, besonders vielseitiges und hochwertiges Gehäuse und das auch noch zu einem äußerst attraktiven Preis? Das be quiet! Pure Base 600 setzt mit einer Menge Funktionalität und bedienungsfreundlichen Features neue Maßstäbe in Bezug auf Flexibilität, Performance und – natürlich – den flüsterleisen Betrieb.

- Hoch flexible Konstruktion
- Wasserkühlungsoptimiert
- Zwei vorinstallierte Pure Wings 2 Lüfter
- Komplett gedämmt

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**.

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER

*GfK 2007-2016

Erhältlich bei:

alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net
conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

be quiet!®

Grafikkarten und eine Soundkarte? Kein Problem für Asrock!

Zusätzlich lassen sich, bei Einsatz einer 40-Lane-CPU, zwei M.2-SSDs verbauen und auch die restliche Ausstattung braucht sich nicht zu verstecken. Von der Onboard-Diagnose-Anzeige über Dual-LAN bis hin zu USB 3.1 und WLAN ist alles an Bord, was man sich wünschen kann. Dafür sind 260 Euro ein faires Angebot, insbesondere wenn man einige über 500 Euro teure Konkurrenzprodukte betrachtet.

MSI X99A Ranger: Preisbrecher mit angemessener Ausstattung. Wer sich mit seinen Preis- und Ausstattungsvorstellungen genau in der Lücke zwischen Sockel 1151 und 2011-v3 wiederfindet, ist mit MSIs X99A Ranger gut beraten. Bei einem Preis von zeitweilig sogar unter 200 Euro ist es günstiger als die meisten Z270-Modelle und bringt alle Vorzüge einer 28-Lane-CPU zur Geltung (40-Lane-Käufer verschenken aber auch nur vier Lanes). So können bei Nutzung einer ×16-Dual-Slot-Grafikkarte noch zwei einfache ×1-Erweiterungskarten (PCI-Express-2.0), eine schnelle ×4- oder ×8-Komponente und eine M.2-SSD mit voller Geschwindigkeit angebunden werden. Obwohl die Platine bereits vor Broadwell-E erschien, ist zudem auch hier USB 3.1 mit an Bord und große CPU-Kühler haben sogar noch ein paar Millimeter mehr Luft als bei Asrock. Ambitionierte Übertakter freuen sich zusätzlich über eine der besten Sockel-2011-v3-Spannungswandlerkühlungen, die wir bislang vermessen haben, und finden sogar Messkontakte zur manuellen Spannungskontrolle auf der Platine, wie man sie sonst eher oberhalb der 400-Euro-Preisschwelle sieht.

Wer in ein Multi-GPU-Setup investiert, ist bei MSI ebenfalls nicht verkehrt, muss aber entweder auf dicke (und leise) Triple-Slot-Grafikkartenkühler verzichten, oder auf ×1-Erweiterungskarten. Im letzteren Fall sollte unbedingt über eine USB-Audiolösung nachgedacht werden, denn der Onboard-Sound des X99A Ranger ist eher auf Einsteigerniveau – bei einem Preis, der die zusätzliche Anschaffung einer vollwertigen Soundkarte ermöglicht, ein erträglicher Makel. *(tv)*

SOCKEL-2011-V3-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

Produkt	X99 Taichi	ROG Strix X99 Gaming	X99 Extreme4/3.1
Hersteller (Website)	Asrock (www.asrock.de)	Asus (www.asus.de)	Asrock (www.asrock.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 260,-/gut	Ca. € 300,-/gut	Ca. € 250,-/gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1462624	www.pcgh.de/preis/1441449	www.pcgh.de/preis/1252790
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel X99; 1.10; 1.01	Intel X99; 0801; 1.00	Intel X99; 3.3; 1.06
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm
Ausstattung (20 %)	**1,76**	**1,84**	**2,05**
Speicherslots	8× DDR4	8× DDR4	8× DDR4
PCI-E-Standard*	2.0/3.0/–/2.0/3.0/–/3.0	–/3.0/2.0/2.0/3.0/2.0/3.0	–/3.0/–/2.0/3.0/2.0/3.0
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	–/×16/–/–/×16/–/×0 (–/×16/–/–/×0/–/×8) oder –/×8/–/–/×16/–/×8 (–/×8/–/–/×8–/×8)	–/×16/–/–/×16/–/×0 (–/×16/–/–/×8/–/×0) oder –/×8/–/–/×16/–/×8 (–/×8/–/–/×8/–/×8)	–/×16/–/–/×16/–/×8 (–/×16/–/–/×8/–/×4)
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	×1/–/–/×1/–/–/–	"–/–/×0/×1/–/×1/– (nichts deaktiviert) oder –/–/×1/×1/–/×1/– (deaktiviert: WLAN/Bluetooth) oder –/–/×1/×4/–/×0/– (deaktiviert: WLAN/Bluetooth, USB 3.1) "	–/–/–/×4/–/×1/–
SATA	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar
M.2, Anbindung, Format	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 2230/2242/2260/2280/22110; 1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (nur mit 40-Lane-CPU verfügbar), 2230/2242/2260/2280	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 2242/2260/2280/22110; 1× U.2, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert M.2)	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert Slot 7), 2230/2242/2260/2280/22110
Onboard-LAN	2× Gigabit (Intel I218-V + Intel I211-AT)	1× Gigabit (Intel I218-V)	1× Gigabit (Intel I218-V)
Monitor-Anschlüsse	802.11 ac; Bluetooth 4.0	802.11 ac; Bluetooth 4.1	–
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 3×/2× USB 3.0; 3×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 4×/4× USB 3.0; 4×/4× USB 2.0	4×/2× USB 3.0; 4×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-und-Tastatur-Combo-Port	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header	PS/2-Tastatur-Port; PS/2-Maus-Port; COM-Header
Sound-Chip	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/wechselbarer OP-AMP	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein
Audio-Aus-/Eingänge	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo
Lüfteranschlüsse	3× 4-Pin PWM; 2× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	6× 4-Pin PWM	2× 4-Pin PWM; 4× 3-Pin/4-Pin ohne PWM
Sonstige Ausstattung	Statusanzeige; gesockeltes Dual-UEFI; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel	Statusanzeige; gesockeltes UEFI; Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; TB-Header; 1× Anschluss für Temperatursensor; regelbare RGB-Beleuchtung; 4-Pin-Header für RGB-LED-Streifen	Gesockeltes Dual-UEFI; TB-Header; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel
Beiliegend	4× SATA-Kabel; HB-SLI-Brücke; SLI-Brücken; Handbuch Deutsch	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; RGB-LED-Verlängerungskabel; Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; SLI-Brücken; Handbuch Deutsch; USB-3.1-A-&-C-PCI-E-×4-Karte
Eigenschaften (20 %)	**1,79**	**1,69**	**1,86**
Abstand** CPU <> 1./2. RAM-Slot	56/65 Millimeter	58/67 Millimeter	56/65 Millimeter
Abstand** CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler	55/– Millimeter	62/– Millimeter	68/– Millimeter
Abstand** CPU <> 1. PCI-E-×16	96 Millimeter	81 Millimeter	79 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	2 Slots	2 Slots	2 Slots
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar
CPU-Spannung	0,8 bis 2,0 Volt	0,0 bis 1,9 Volt	0,8 bis 2,0 Volt
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-4000	DDR4-4000	DDR4-4000
Maximale Speicherspannung	2,24 Volt	1,90 Volt	1,80 Volt
Lüftersteuerung	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**1,86**	**1,90**	**1,79**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,94 MHz	99,94 MHz	99,94 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	122,3 Fps	124,1 Fps	123,1 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	125,3 Sekunden	124,4 Sekunden	123,5 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	54.983 MB/s	56.682 MB/s	54.996 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	43,0 Sekunden	65,7 Sekunden	45,1 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH***	57/41 °C	52/42 °C	60/41 °C
Stromver.**** Soft-off/Leerl./Last***	0,8/51,7/341 Watt	2,0/55,0/343 Watt	0,5/45,6/337 Watt
FAZIT	⊕ Viel Platz für CPU-Kühler ⊕ WLAN ⊕ Zweiter M.2 ×4 (mit 40-Lane-CPU)	⊕ WLAN ⊕ Temperatur- & RGB-Header ⊕ 6× PWM-Lüftersteuerung	⊕ Zusätzlicher PCI-E-×4-Slot (2.0) ⊕ Geringer Stromverbrauch ⊖ Kein USB 3.1 onboard
	Wertung: **1,83**	Wertung: **1,84**	Wertung: **1,85**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget; 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL DDR3-2133, EKL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 + Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

SOCKEL-2011-V3-MAINBOARDS

Auszug aus der Testtabelle mit 160 Wertungskriterien.

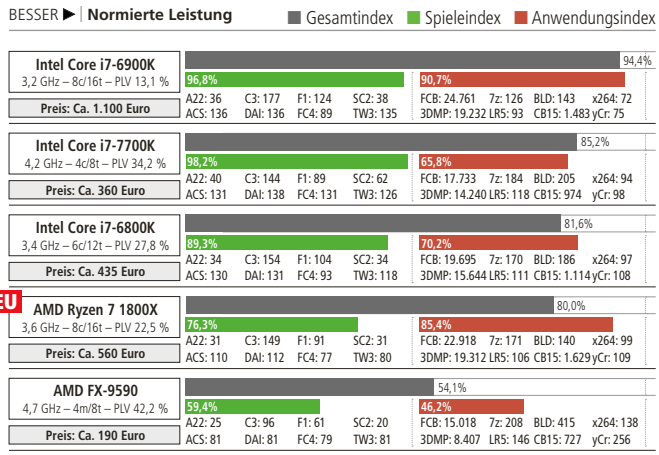
Produkt	X99-Ultra Gaming	X99A Raider	X99-E	X99A Gaming Pro Carbon	X99 FTW K
Hersteller (Website)	Gigabyte (www.gigabyte.de)	MSI (www.msi.com)	Asus (www.asus.de)	MSI (www.msi.com)	EVGA (www.evga.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 280,-/gut	Ca. € 210,-/gut	Ca. € 240,-/gut	Ca. € 300,-/gut	Ca. € 350,-/befriedigend
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1446348	www.pcgh.de/preis/1247988	www.pcgh.de/preis/1441447	www.pcgh.de/preis/1443681	www.pcgh.de/preis/1452679
Chip; UEFI-; Board-Revision	Intel X99; F4; 1.0	Intel X99; P5; 5.2	Intel X99; 0801; 1.01	Intel X99; 1.1; 1.01	Intel X99; 2.01; 1.0
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	ATX; 305 × 244 mm	E-ATX; 305 × 264 mm
Ausstattung (20 %)	**2,10**	**2,70**	**2,23**	**2,29**	**2,30**
Speicherslots	8× DDR4	8× DDR4	8× DDR4	8× DDR4	8× DDR4
PCI-E-Standard*	3.0/–/2.0/3.0/–/3.0/3.0	–/3.0/–/2.0/3.0/2.0/3.0	–/3.0/–/2.0/3.0/2.0/3.0	–/3.0/2.0/3.0/2.0/3.0/3.0	3.0/2.0/3.0/3.0/3.0/–/3.0
PCI-E-CPU-Lane-Verteilungsoptionen*	×16/–/–/×16/–/×0/×0 oder ×8/–/–/×8/–/×8/×8	–/×16/–/–/×16/–/×0 (–/×16/–/–/×8/–/×0) oder –/×8/–/–/×16/–/×8 (–/×8/–/–/×8/–/×8)	–/×16/–/–/×16/–/×8 (–/×16/–/–/×8/–/×4)	"–/×16/–/×16/–/×0/×8 (–/×16/–/×8/–/×0/×4) oder –/×16/–/×8/–/×8/×8 (–/×8/–/×8/–/×8/×4)"	×16/–/×0/×0/×16/–/×8 (×16/–/×0/–/×8/–/×4) oder ×8/–/×8/×8/×16/–/×8 (×8/–/×8/–/×8/–/×4)
PCI-E-PCH-Lane-Verteilungsoptionen*	–/–/×1/–/–/–/–	–/–/–/×1/–/×1/–	–/–/–/×1/–/×1/–	–/–/×1/–/×1/–/–	–/×1/–/–/–/–/–
SATA	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99), 2 als 1× SATA-Express (PCI-Express 2.0 ×2) nutzbar	10× 6 GBit/s (X99)
M.2, Anbindung, Format	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 2242/2260/2280/22110; 1× M.2 e-Key, PCI-E-2.0-×1, 2230; 1× U.2, PCI-E-3.0-×4 (nur mit 40-Lane-CPU verfügbar)	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4, 2242/2260/2280	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert Slot 7), 2242/2260/2280/22110;	1× M.2 m-Key, entweder PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert Slot 7) oder PCI-E-2.0-×2 (deaktiviert SATA-Express/2× SATA), 2242/2260/2280; 1× U.2, shared PCI-E-3.0-×4 mit M.2	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert Slot 7), 2242/2260/2280/22110
Onboard-LAN	2× Gigabit (Intel I218-V + Killer E2400)	1× Gigabit (Intel I218-V)	1× Gigabit (Intel I218-V)	1× Gigabit (Intel I218-V)	2× Gigabit (Intel I218-V + Killer E2400)
Monitor-Anschlüsse	–	–	–	–	–
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 6×/4× USB 3.0; 0×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1; 4×/2× USB 3.0; 4×/2× USB 2.0	1×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 4×/4× USB 3.0; 4×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 4×/5× USB 3.0 (davon ×/×1 Typ-C); 4×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon ×1/×0 Typ-C); 4×/4× USB 3.0; 4×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-und-Tastatur-Combo-Port	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port	–
Sound-Chip	Realtek ALC1150	Realtek ALC892	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150	Realtek ALC1150
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/ wechselbarer OP-AMP	Ja/nein/nein	Nein/nein/nein	Nein/ja/nein	Ja/nein/nein	Ja/nein/nein
Audio-Aus-/Eingänge	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo	7.1, optisch/1× Stereo
Lüfteranschlüsse	3× 4-Pin PWM; 2× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	2× 4-Pin PWM; 3× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	5× 4-Pin PWM	1× 4-Pin PWM; 4× 3-Pin/4-Pin ohne PWM	7× 4-Pin PWM
Sonstige Ausstattung	Dual-UEFI; Clear-CMOS-Schalter; TB-Header; regelbare RGB-Beleuchtung; 4-Pin-Header für RGB-LED-Streifen	Dual-UEFI; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; Spannungsmesspunkte	Gesockeltes UEFI; TB-Header; Clear-CMOS-Header; RGB-beleuchtete PEG-Verriegelungen; Status-LEDs; 1× Anschluss für Temperatursensor	Statusanzeige; Dual-UEFI; Power- und Reset-Schalter; Clear-CMOS-Schalter; regelbare RGB-Beleuchtung; 4-Pin-Header für RGB-LED-Streifen	Statusanzeige; Power- und Reset-Schalter; gesockeltes Dual-UEFI; TB-Header; Clear-CMOS-Schalter an I/O-Blende; Spannungsmessteckkontakte
Beiliegend	6× SATA-Kabel; SLI-Brücken; RGB-LED-Verlängerungskabel; Handbuch Englisch	6× SATA-Kabel, SLI-Brücke; Handbuch Deutsch	4× SATA-Kabel; SLI-Brücke; Handbuch Englisch	6× SATA-Kabel; SLI-Brücken; RGB-LED-Verlängerungskabel; Handbuch Englisch	2× SATA-Kabel; Molex auf SATA-Stromadapter; 4× USB-2.0-Slotblende; Handbuch Englisch
Eigenschaften (20 %)	**1,73**	**1,73**	**1,69**	**1,84**	**2,49**
Abstand CPU <> 1./2. RAM-Slot**	58/67 Millimeter	59/68 Millimeter	58/67 Millimeter	59/68 Millimeter	56/65 Millimeter
Abstand CPU <> 1./2. Spannungswandlerkühler**	54/– Millimeter	63/– Millimeter	58/– Millimeter	59/– Millimeter	52/– Millimeter
Abstand CPU <> 1. PCI-E-×16**	77 Millimeter	83 Millimeter	82 Millimeter	82 Millimeter	66 Millimeter
Abstand PEG 1 <> 2	2 Slots	2 Slots	2 Slots	1 Slot	3 Slots
CPU-/Ring-Multiplikator/BCLK	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/automatische Anpassung	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/automatische Anpassung	Anheb- und absenkbar/einstellbar/manuell einstellbar
CPU-Spannung	0,6 bis 1,7 Volt	0,8 bis 2,0 Volt	0,0 bis 1,9 Volt	0,8 bis 2,1 Volt	0,8 bis 2,0 Volt
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja, konfigurierbar	Ja/ja/ja/ja
VCCIO/IMC-/PCH-Spannung	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Einstellbar/einstellbar/einstellbar	Nicht einstellbar/einstellbar/einstellbar
Maximal wählbarer Speichertakt	DDR4-6000	DDR4-3200	DDR4-4000	DDR4-3200	DDR4-3200
Maximale Speicherspannung	2,00 Volt	2,00 Volt	1,90 Volt	2,00 Volt	2,00 Volt
Lüftersteuerung	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter	Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine
Leistung (60 %)	**1,87**	**1,77**	**1,94**	**1,89**	**1,90**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,98 MHz	99,98 MHz	99,94 MHz	99,98 MHz	99,98 MHz
Witcher 2 EE 1080p, kein AA/AF	123,6 Fps	123,7 Fps	124,2 Fps	124,6 Fps	121,8 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	124,6 Sekunden	123,8 Sekunden	123,4 Sekunden	123,6 Sekunden	124,5 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	55.993 MB/s	56.201 MB/s	54.674 MB/s	56.274 MB/s	54.271 MB/s
Boot-Zeit Windows-8.1-Desktop	49,1 Sekunden	49,7 Sekunden	67,6 Sekunden	47,0 Sekunden	52,4 Sekunden
Temp. Spannungswandler/PCH* **	51/41 °C	50/43 °C	56/43 °C	60/44 °C	50/40 °C
Stromver.** Soft-off/Leerl./Last***	3,7/62,0/343 Watt	1,6/59,3/338 Watt	1,3/55,1/342 Watt	1,7/63,7/343 Watt	2,5/63,2/339 Watt
FAZIT	⊕ Zusätzlicher U.2 (mit 40 Lane-CPU) ⊕ Gute SW-Kühlung ⊕ Aufwendige Beleuchtung	⊕ Sehr günstig ⊕ Spannungsmesspunkte ⊖ Einfache Soundlösung	⊕ Relativ günstig ⊕ Beleuchtete PEG-Sicherungen ⊖ Lange Bootdauer	⊕ Aufwendige Beleuchtung ⊕ Statusanzeige ⊖ Wenige Slots zugleich nutzbar	⊕ Gute Kühlung ⊕ Viel Platz für Grafikkarten ... ⊖ ... aber zu wenig für CPU-Kühler
	Wertung: **1,89**	Wertung: **1,95**	Wertung: **1,95**	Wertung: **1,96**	Wertung: **2,10**

Testsystem: Core i7-6700K, Palit GTX980 Ti Superjetstream 110% powertarget, 91°C temptarget; 2× 8 GiB Crucial DDR4-2133 oder 2× 8 GiB GEIL DDR3-2133; EKL Alpenföhn Brocken Eco bei 900 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Prime95 v25.6 + Witcher 2 Enhanced Edition maximierte Details, kein Übersampling, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****ganzes System mit i7-6700K und MSI GTX 980 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil.

Wiederauferstehung

Nach Jahren der Abstinenz gelingt es AMD, mit Ryzen eine Oberklasse-CPU neben Intels Core i7 zu platzieren. Wir geben einen Ausblick auf die neuen Prozessoren und die zugehörige AM4-Plattform.

PCGH-Index (Auszug)



Spiele (links): Anno 2205, Assassin's Creed Syndicate, Crysis 3, Dragon Age: Inquisition, F1 2015, Far Cry 4, Starcraft 2 LotV, Witcher 3: gerundete Durchschnitts-Fps in 1.280 × 720 (max. Details außer Post-Processing, Ambient Occlusion, AA und AF), mehr ist besser. **Anwendungen** (rechts): Fritz Chessbench, 3D Mark Firestrike Physics, Cinebench R15: Punkte (mehr ist besser), 7-Zip 15.21, Lightroom 5.7.1, Blender 2.76, x264, y-Cruncher: Sekunden (weniger ist besser)
System: 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz

Neun Seiten Kaufberatung für Mainboards und keine einzige AMD-Platine? Im CPU-Teil einige wenige AM3+-Empfehlungen, die sich nur für Aufrüster kompatibler Rechner lohnen? Nein, PCGH ignoriert den zweitgrößten Prozessor-Hersteller nicht. Aber weder für die veraltete Plattform AM3+, noch für den Einsteiger-Sockel FM2+ gibt es moderne und leistungsfähige CPUs. Das sieht auch AMD so und führt Ryzen im AM4-Format als Nachfolger ein. Vorgestellt wurde die neue Plattform aber erst am Tage des Sonderheft-Redaktionsschluss, weswegen wir alle anderen Artikel vorher fertiggestellt und dann bis zur letzten Minute getestet haben – die Ergebnisse gibt es gesammelt auf diesen drei Seiten.

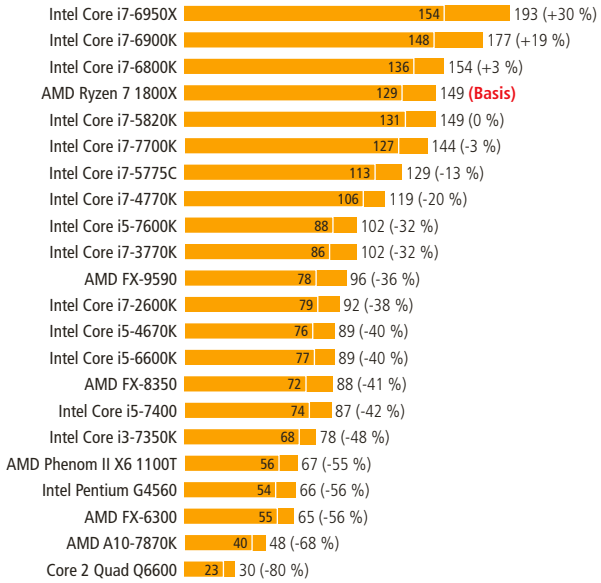
Die Zen-Architektur

AMDs alte Bulldozer-Architektur versuchte, mittels Verschmelzung zweier Kerne zu einem Modul viel Rechenleistung auf kleinem Raum zu bieten. Die einhergehende Ressourcenteilung führt aber zu mehreren Flaschenhälsen, welche die Praxisleistung bei nicht optimierter Software einbrechen lassen – und kaum ein Entwickler war bereit, Anwendungen für den kleinen AMD-FX-Markt neu zu schreiben.

Die Nachfolge-Architektur Zen wurde deswegen komplett neu und deutlich konservativer entwickelt. So verfügt nun jeder Kern über seine eigenen Recheneinheiten (ungefähr im Umfange eines Zwei-Kern-FX-Moduls) und eigene L1- und L2-Caches. Erst auf höherer Ebene werden jeweils vier Kerne zu einem Compute Complex, kurz CCX, getauften Cluster zusammengefasst, zu dem auch noch ein 8 MiByte fassender Level-3-Cache gehört. In dieser Hinsicht ähnelt ein Zen-CCX also einem Intel-Vierkernprozessor und auch eine wei-

Crysis 3: AMD und Intel auf Augenhöhe

„Fields" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

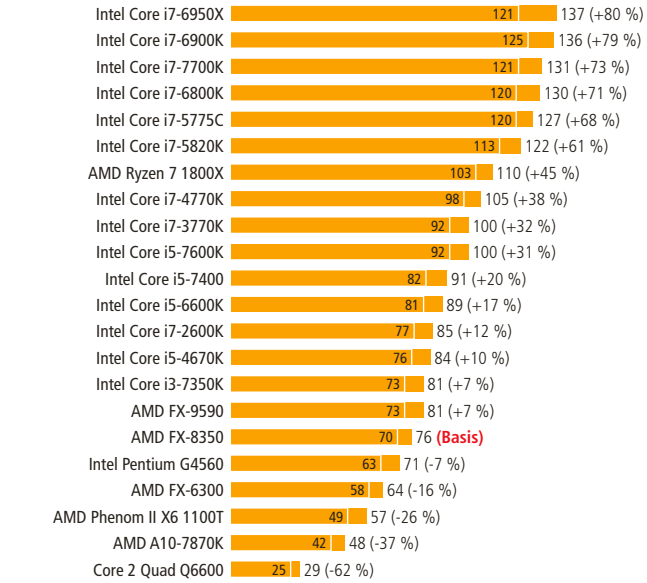


System: Intel X99, Z170/Z97/Z77, AMD X370/990FX/A88X,8 GiB RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut max. CPU-Spezifikation), Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz (359.06 WHQL HQ); Windows 10 64 Bit

Min. Ø Fps
▶ Besser

AC Syndicate: Gute Ryzen-Performance

„Bishopsgate" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

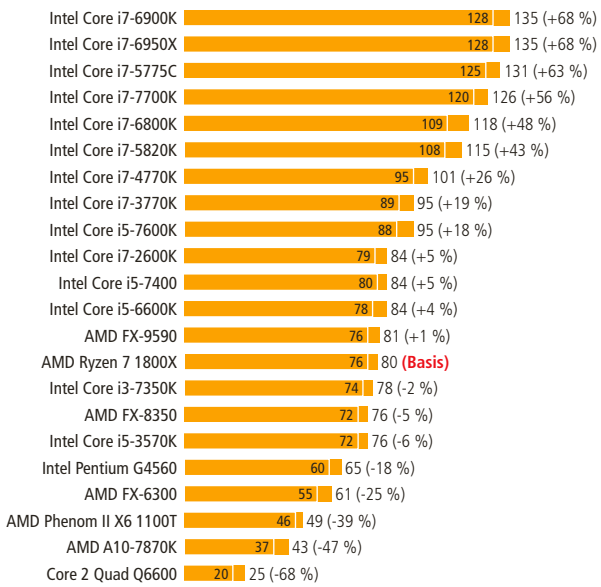


System: Intel X99, Z170/Z97/Z77, AMD X370/990FX/A88X,8 GiB RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut max. CPU-Spezifikation), Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz (359.06 WHQL HQ); Windows 10 64 Bit

Min. Ø Fps
▶ Besser

Witcher 3: Kinderkrankheit bremst Ryzen aus

„Hierarch Square" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing/Hairworks aus)

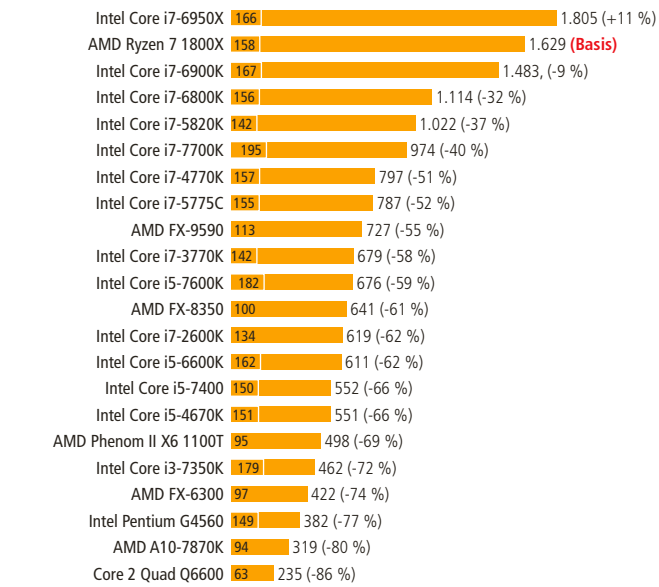


System: Intel X99, Z170/Z97/Z77, AMD X370/990FX/A88X,8 GiB RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut max. CPU-Spezifikation), Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz (359.06 WHQL HQ); Windows 10 64 Bit

Min. Ø Fps
▶ Besser

Cinebench R15: Starker Auftritt von AMD

Rendering, Standard-Durchlauf, Single- und Multithread (ST, MT)



System: Intel X99, Z170/Z97/Z77, AMD X370/990FX/A88X,8 GiB RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut max. CPU-Spezifikation), Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz (359.06 WHQL HQ); Windows 10 64 Bit

Punkte
SM MT
▶ Besser

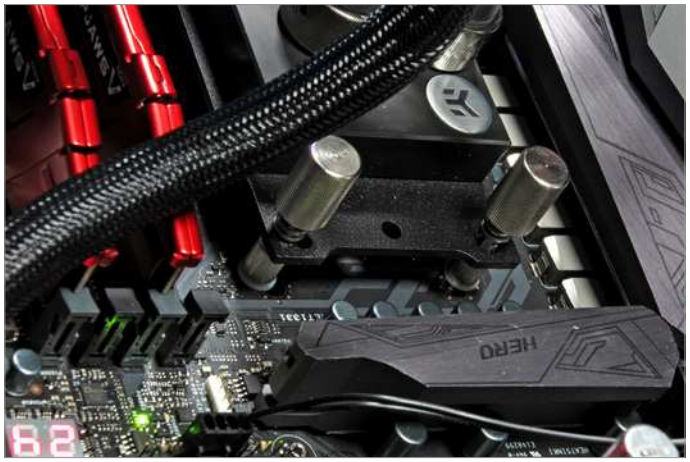
tere von Intel bekannte Technik hat AMD jetzt implementiert: Simultaneous Multithreading (SMT, bei Intel Hyper Threading genannt) ermöglicht es jedem Kern, Befehle von zwei Threads entgegenzunehmen. So können Wartephasen in einem Arbeitsprozess genutzt werden, um andere Bechnungen durchzuführen.

Ryzen-Produktpalette

Für den Start der Zen-basierten, „Ryzen" getauften Prozessoren konzentriert sich AMD auf eine Implementation. Summit Ridge verfügt über zwei CCX-Cluster und somit acht Kerne, die sechzehn Threads bearbeiten können. Diese Eckdaten sind auf Augenhöhe mit Intels zweitschnellster CPU, dem i7-6900K für 1.100 Euro. AMD verlangt für sein Topmodell R7 1800X aber gerade einmal die Hälfte (560 Euro), noch günstiger sind R7 1700X und R7 1700 für 440 respektive 360 Euro bei identischer Kernausstattung, aber reduziertem Takt. Dank des bei allen Ryzen-CPUs freigegebenen Multiplikators können Übertakter diesen Rückstand aber leicht korrigieren.

Anwendungs-Benchmarks

Schwere, gut verteilbare Arbeiten sind nach wie vor eine Stärke der AMD-Prozessoren – das konnte schon die Vorgängerarchitektur Bulldozer verhältnismäßig gut. Ryzen kommt hier in einigen Bereichen sogar an Intels Achtkerner vorbei und liefert insgesamt eine äußerst achtbare Performance ab. Gegenüber dem Vorgänger arbeitet Ryzen aber nicht nur schneller sondern auch viel energieeffizienter (s. Index-Benchmarks) – schafft also viel pro Takt. Besonders stark ist Ryzen bei der Video-Umwandlung und beim 3D-Rendering, etwa in Cinema 4D (Cinebench R15) oder dem Open-Source-Programm Blender. Schwieriger wird es bei speicherlastigen Anwendungen, denn Ryzen muss wie Intels Sockel-1151-Prozessoren mit zwei DDR4-Speicherkanälen auskommen, während die großen Sockel-2011-Core-i7 über ein Quad-Channel-Interface gebieten.



Asus' Crosshair VI Hero verfügt über AM3- und AM4-Montagebohrungen, sodass die nach außen versetzte Position letzterer deutlich erkennbar ist.

PROZESSOREN
Auszug aus Testtabelle
mit vielen weiteren Wertungskriterien

Prozessor	AMD Ryzen 7 1800X
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1582191
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 560 Euro/ausreichend
Für Mainboards mit Sockel …	AM4 (Sockel 1331)
Codename	Summit Ridge
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	8 (16), wie Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,6 GHz (3,7-4,1 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	512 KiByte/16 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	4,8 Milliarden, 14 nm, unbekannt
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,26**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	24× PCI-Express 3.0 (davon vier für I/O-Hub reserviert)
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**2,20**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 63,75 in 0,25er-Schritten)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja
Speicherkanäle und max. Geschwindigkeit*/**	2× DDR4-2667 Single-Rank/-2400 Dual-Rank
TDP laut Hersteller**	95 Watt
Systemverbrauch Leerlauf abzüglich Grafikkarte	29 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	226/329/255 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschnitt)**	266 Watt
Systemverbrauch Anwendungen (Durchschnitt)**	191 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,84**
Spieleindex (60 % Gewichtung Leistungsnote)	76,3 %
Anwendungsindex (40 % Gewichtg. Leistungsnote)	85,4 %
FAZIT	⊕ Sehr gute Anwendungsleistung und Effizienz ⊕ Umfangreiche Tuningmöglichkeiten (offener Multi) ⊖ Spieleleistung mit Ausreißern nach unten Wertung: **1,99**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Spiele-Benchmarks

Weniger gut schneidet Ryzen in Spielen ab. Zum einen, weil hier weniger Nutzen aus zusätzlichen CPU-Kernen gezogen werden kann, zum anderen auch, weil die SMT-Implementierung häufig noch Performance in Spielen kostet, anstatt sie zu erhöhen. Spielern mit einem Ryzen-Prozessor raten wir daher zurzeit, im UEFI die SMT-Option abzuschalten – die verbleibenden acht „echten" Threads sind mehr als genug für Spiele. Die Gaming-Performance liegt im gewichteten Index auf dem Niveau von Intels aktuellem Core i5-7600K, einem Vierkerner mit sehr hohem Takt. In stark multithread-optimierten Titeln, in unserem Parcours etwa Crysis 3 (aber auch Battlefield 1), zieht der AMD-Achtkerner an Intels i7-7700K vorbei und kommt nahe an einen i7-6800K für den Sockel 2011 heran.

Mainboards

Der neue Ryzen-Sockel „AM4" erfordert auch neue Hauptplatinen, bestückt mit den I/O-Hubs X370, B350 und A320. Im Gegensatz zu Intels PCHs sind diese eigentlich optional, denn Ryzen-CPUs integrieren bereits elementare Funktionen wie USB 3.0 und SATA – allerdings in so geringer Anzahl, dass kein Mainboard-Hersteller auf den externen Begleitchip verzichtet. Die Kombination aus X370 und Ryzen-CPU liegt dabei in der Ausstattung zwischen einem Kaby-Lake-System mit B250 und H270. So bietet AMD satte 10 USB-3.0-Ports und zusätzlich zweimal nativ USB-3.1. Intel-Mainboards müssen letztere mit PCI-Express-angebundenen Zusatzcontrollern realisieren und für mehr als sechs 3.0-Anschlüsse weitere Lanes umwidmen. Auch SATA-Anschlüsse bietet AMD mit bis zu zehn Stück deutlich mehr, in der Praxis führen viele Mainboards aber nur die gewohnten sechs nach draußen, denn mehr als viermal SATA geht bei AMD zu Lasten der PCI-Express-Ausstattung.

Letztere ist die Achillesverse der AM4-Plattform: Die Ressourcen der CPU reichen für einen ×16-Slot (Grafikkarte) und einmal PCI-Express-3.0-×4 (NVME-SSDs). Der X370 bietet zusätzlich zu sechs SATA-Ports weitere 10 Lanes (B350: 8; A320: 6), allerdings wird über diese nur PCI-Express-2.0 realisiert. Intels Z270 und H270 kommen dagegen trotz Zusatzcontroller auf 12 freie Lanes (16, wenn 6× USB 3.0 reichen), der B250 (maximal 6× USB 3.0) auf ebenfalls 10 und das jeweils mit 3.0-Geschwindigkeit. Für die Anbindung zusätzlicher High-End-Peripherie ist Intel also besser gerüstet. Im Gegenzug sollte AMDs hochintegrierte Plattform günstige Mittelklasse-Mainboards ermöglichen, die weiterhin alle Bedürfnisse des Durchschnitts-Anwenders erfüllen. Und AMD hat ein weiteres Ass im Ärmel: Sowohl B350 als auch X370 sind für Übertaktungs-Experimente freigegeben. Intel zwingt Tuner dagegen zum teuren Z270, was das klassiche Konzept „günstig und trotzdem schnell" unmöglich macht.

Kühlung

Auf den ersten Blick ähnelt das Layout von Sockel-AM4-Mainboards den älteren AM3+- und FM2+-Modellen. Tatsächlich haben sich auch die Abmessungen des Retentionmoduls kaum verändert, so das alte Kühler mit Klammerhalterung meist weiterverwendet werden können. Die darunter befindlichen Befestigungsbohrungen im Mainboard wurden aber verschoben, sodass alle mit dem Mainboard verschraubten Kühler eine angepasste Halterung erfordern. Die meisten Firmen werden entsprechende Nachrüstkits anbieten, in den ersten Wochen raten wir aber noch zur Vorsicht: AMD hat die finalen Halterungsspezifikationen erst zwei Wochen vor dem Start von Ryzen bekanntgegeben und zumindest ein paar der bereits vorher vertriebenen AM4-Halterungen erwiesen sich im Nachhinein als AM4-inkompatibel. *(tv/cs)*

TOSHIBA
Leading Innovation

VERLEIHEN SIE IHRER PERFORMANCE FLÜGEL

OCZ RD400

NVMe® PCIe® 3.0 x 4 Solid State Drive

EXPERTEN
OCZ RD400
PCIe® NVMe® M.2 SSD

MAINSTREAM
OCZ VX500
SATA 6 Gbit/s 2,5-Zoll SSD

EINSTEIGER
OCZ TL100
SATA 6 Gbit/s 2,5-Zoll SSD

Die OCZ SSD-Lösungen bedienen die Bedürfnisse unterschiedlichster Kundengruppen. In jedem OCZ-SSD stecken Toshiba Qualität und Know-How. Toshiba ist bestrebt, neben High-Speed-Speicherlösungen hochwertige Produkte mit erstklassigem Service und Support zu liefern. Daher bieten wir die OCZ-SSDs mit einem ‚Advanced Warranty Programm'* an. Zusammen mit der SSD-Utility-Management-Software** haben Sie die Kontrolle über Ihre SSD.

Autorisierte Handelspartner:

ALTERNATE bequem online — alternate.de
cyberport — cyberport.de
digitec.ch — digitec.ch
reichelt elektronik — reichelt.de

*Einzelheiten zum ‚Advanced Warranty Program' finden Sie unter https://ocz.com/de/support/advanced-warranty.
**Einzelheiten zur ‚SSD-Utility-Management-Software' finden Sie unter https://ocz.com/de/download/ssd-utility.
Die hierin enthaltenen Abbildungen und Texte sind teils durch Schutzrechte, d.h. Marken- und/oder Urheberrechte, zugunsten der Toshiba Corporation und/oder deren Tochtergesellschaften und/oder zugunsten Dritter geschützt. Dies gilt insbesondere für die folgenden Begriffe: „NVMe®" ist eine Marke der NVM Express, Inc.; „PCIe®" ist eine registrierte Marke der PCI-SIG. „OCZ" ist eine eingetragene Marke der Toshiba Corporation und/oder der Tochtergesellschaften. © Toshiba Corporation, alle Rechte vorbehalten.

Toshiba Electronics Europe GmbH, Hansaallee 181, D-40549 Düsseldorf

Halle 14/15, Stand F64
20. – 24. März 2017
CeBIT

RAM: Kaufberatung

Ohne Speicher geht's nicht und mit dem falschen kommt keine Freude auf: PCGH erläutert, worauf Sie beim Erwerb und der Konfiguration von RAM-Modulen achten sollten.

Arbeitsspeicher ist das Bindeglied zwischen dem Hauptprozessor mit ein paar Megabyte blitzschnellem Cache und Datenspeichern wie Festplatten und SSDs mit Hunderten oder Tausenden Gigabyte, aber geringerer Geschwindigkeit. Hier werden Daten vorrätig gehalten, die bei Bedarf schnell ausgelesen oder verändert werden müssen.

DDR-Grundlagen

Seit über 15 Jahren kommen unterschiedliche Ausbaustufen von DDR-SDRAM zum Einsatz. Der Namensbestandteil RAM (Random-Access Memory) weist darauf hin, dass auf den gesamten Speicher mit nahezu identischer Geschwindigkeit zugegriffen werden kann. Synchronous Dynamic RAM ist an den Systemtakt (in einem bestimmten Verhältnis) gekoppelt und bietet einen getrennten Daten- und Steuerbus. Bei der Ausbaustufe DDR-SDRAM werden sowohl die steigende als auch die fallende Flanke des Taktsignals zur Datenübertragung genutzt, die Rohleistung verdoppelt sich – man spricht von Double Data Rate (DDR). DDR-Module takten also nicht höher, sondern übertragen doppelt so viele Daten pro Takt. Wundern Sie sich daher nicht, wenn Software wie CPU-Z den Takt eines DDR4-2400-Moduls nur mit 1.200 MHz angibt. Der DDR-Wert ist nämlich nur eine effektive Taktrate, die angibt, mit wieviel Megahertz ein SDRAM-Modul ohne DDR-Technik laufen müsste.

DDR3-RAM ist seit rund 10 Jahren im Handel und dementsprechend weit verbreitet. Seit 2014 ist die aktuelle Ausbaustufe DDR4 erhältlich, die eine Reihe von Verbesserungen bietet. Für PC-Spieler ist vor allem relevant, dass sich mit dem Nachfolger höhere Übertragungsraten und Kapazitäten erreichen.

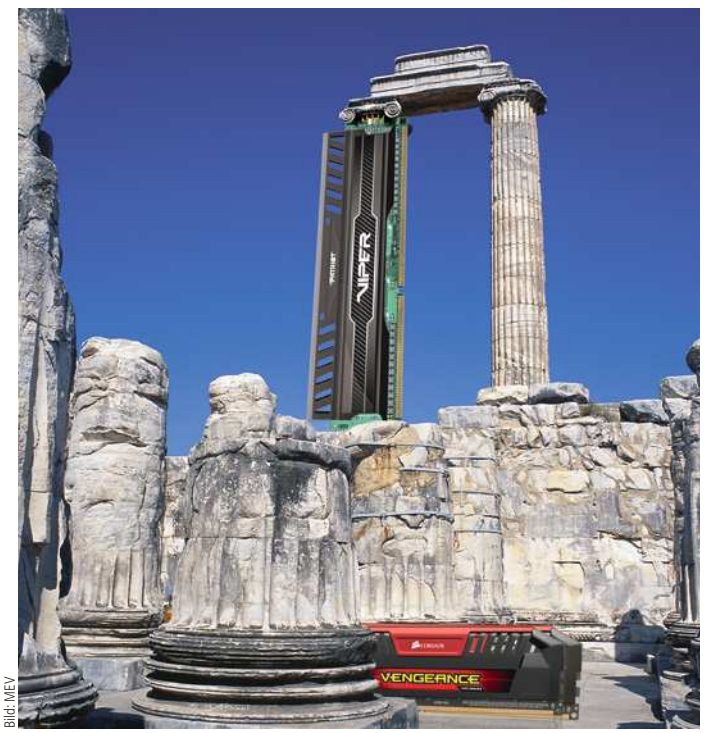


Bild: MEV

Die Plattformen

Beide Speicherarten sind nicht miteinander kompatibel, Einkerbungen an der Kontaktleiste verhindern das Einsetzen in Steckplätze für eine andere DDR-Generation. Welche der beiden Speicherstandards für Ihren Rechner infrage kommt, hängt von der Plattform ab:

- Auf Mainboards mit Intels Sockel 2011-v3 und AM4 lässt sich nur DDR4-Speicher installieren. Dessen Standardspannung beträgt 1,20 Volt, Übertakter-Kits sind typischerweise für 1,35 Volt ausgelegt.
- Die meisten Sockel-1151-Hauptplatinen sind für DDR4-RAM ausgelegt. Sowohl Kaby Lake als auch Skylake sind aber auch für DDR3L freigegeben, also DDR3-Sticks mit einer niedrigeren Spannung von 1,35 Volt. Der Betrieb mit Standardmodulen ist möglich, aber nicht von der Garantie gedeckt. Zudem gibt es nur wenige Mainboards mit DDR3-Steckplätzen.
- Alle älteren AMD- und Intel-Plattformen, etwa die Sockel AM3(+), FM2(+), 1150 und 1155, sind für DDR3-Module ausgelegt. Deren Standardspannung beträgt 1,50 Volt, Overclocking-Kits sind allerdings üblicherweise für 1,65 Volt spezifiziert.

Grundsätzliches

Unabhängig vom Speichertyp sollten Sie vor dem Kauf folgende Fragen klären, bei denen das Handbuch oder die Hersteller-Webseite oft weiterhelfen:

- Wieviele (freie) Steckplätze befinden sich auf der Hauptplatine?
- Überragen Bauteile die Steckplätze, sodass die Höhe der RAM-Module begrenzt wird?
- Welche Speichermenge in GiByte ist maximal (insgesamt/pro Modul) zulässig?
- Für welche Taktfrequenz sind CPU und Mainboard ausgelegt?
- Gibt es sonstige Beschränkungen, etwa bezüglich des internen Aufbaus (Memory Ranks pro Modul)?
- Für Übertakter: Sind die Komponenten für Speicher-Overclocking geeignet?

Neben der Hardware begrenzt auch das Betriebssystem die sinnvolle RAM-Größe. Das beliebte Windows 7 Home Premium unterstützt zum Beispiel maximal 16 GiByte – siehe Extrakasten.

AMDs FX-Serie unterstützt ECC, in Desktop-PCs reicht allerdings „unbuffered", „unregistered" RAM ohne ECC aus. Hinter den Begriffen „fully buffered", „registered" und ECC stecken Techniken, die typischerweise die Datenintegrität von Servern mit sehr großen Speichermengen sicherstellen sollen und teilweise obsolet sind.

Haben Sie freie Steckplätze und möchten Sie die RAM-Menge aufstocken, können Sie der Einfachheit halber den aktuell verbauten Speicher nachkaufen. Ist baugleicher Speicher nicht mehr (zu einem vernünftigen Preis) erhältlich, bietet sich der Griff zu Sticks mit möglichst ähnlichen Eigenschaften (Taktrate, Kapazität, Spannung, Timings, Ranks) an.

Im Handbuch und auf der Support-Website Ihres Mainboards finden Sie meist Listen kompatibler Speichermodule. Deren Relevanz sollten Sie aber nicht überbewerten: Für Produkttests und Praxisartikel verwenden wir regelmäßig RAM-Kits, die nicht auf diesen Listen stehen. Inkompatibilität tritt sehr selten auf. Möglich machen es die von der Standardisierungsstelle JEDEC herausgegebenen Vorgaben zu den unterschiedlichen DDR-Generationen, an denen sich die Hersteller orientieren. Falls Sie dennoch Stabilitätsprobleme haben sollten, obwohl Sie kein Overclocking be-

treiben, dann halten Sie nach einer neuen BIOS-Version Ausschau.

Vorerst keine Schnäppchen

Seit dem Spätsommer 2016 haben sich die Preise für Arbeitsspeicher nach oben bewegt und um mehr als 50 Prozent zugelegt. Waren 16-GiByte-Kits Mitte des Jahres für unter 60 Euro erhältlich, müssen Sie nun ca. 100 Euro für die gleiche Kapazität ausgeben. Als Ursache gelten eine gestiegene Nachfrage für Smartphones und Server. Gemäß Pei-Ing Lee, Präsident des Speicherherstellers Nanya Technology, ist mit weiteren Preissteigerungen bis Mitte des Jahres zu rechnen. Falls Sie in den nächsten Monaten aufrüsten möchten, zahlt sich Warten also voraussichtlich nicht aus.

DDR3: Kleinere Auswahl

Das Ende der DDR3-Ära zeigt sich am deutlichsten im High-End-Segment: Für DDR3-2666 oder höhere Frequenzen spezifizierte Sets sind nur noch zu unverhältnismäßig hohen Preisen bei immer weniger Anbietern erhältlich. Falls Sie im Gebrauchtmarkt nicht fündig werden und ein Wechsel auf eine DDR4-Plattform noch nicht infrage kommt, dann stellen vorerst DDR3-2400-Module die preislich sinnvolle Obergrenze dar.

Wieviel Speicher?

Die wichtigste Eigenschaft von RAM ist die Kapazität, denn sie hat den größten Einfluss auf die Leistung des gesamten Systems. Bei einer zu kleinen Speichermenge müssen häufig Inhalte von der SSD oder HDD angefragt werden, da der Arbeitsspeicher voll ausgelastet ist und nicht alle benötigten Daten vorrätig halten kann. Da diese Speichermedien hinsichtlich der Transferrate und Zugriffszeit deutlich langsamer als RAM sind, bekommen Sie diese Wartezeiten bei der Nutzung des PCs zu spüren. Bei einfachen Aufgaben wie Internet-Surfen ist das noch zu verschmerzen, beim PC-Spielen ist aber schnell die Grenze des Erträglichen erreicht.

Die richtige Speichermenge

Zu viel Speicher gibt es nicht. Allerdings können Sie eine höhere Systemleistung erzielen, wenn Sie Ihr Geld statt in einfach möglichst viel Arbeitsspeicher in die tatsächlich benötigte Kapazität und RAM-Module mit besseren Leistungswerten (Takt/Timings) stecken. Zuletzt haben wir in der Ausgabe 02/2017 untersucht, welche Leistungsunterschiede sich durch den Einsatz von 4, 8, 16 und 32 GiByte RAM in den Titeln Battlefield 1, The Division, The Witcher 3, Doom und Skyrim Special Edition (inklusive Grafikmods) ergeben. Zur Analyse eignen sich Frametime-Diagramme am besten, da sie kleine Nachladeruckler gut sichtbar machen, die sich in Balken-Benchmarks nur durch leicht niedrigere Minimum- oder Durchschnitts-Fps zeigen. Wenn das System innerhalb weniger Minuten mehrfach kurz stockt, leidet das Spielvergnügen stärker als man anhand der durchschnittlich guten Framerate vermuten würde.

Mit 4 GiByte beobachteten wir so starke Ruckler, dass kein Spielspaß aufkommt. Kein Wunder: Diese Speichermenge liegt bereits unter der Herstellervorgabe für zahlreiche Spiele. Mit 8 GiByte waren alle Titel spielbar, diese Speichermenge stellt somit das Minimum dar, das in Ihrem PC stecken sollte. Im Direktvergleich mit 16 GiByte treten mit der halben Speicherkapazität aber zum Beispiel in Battlefield 1 mehr Mikroruckler auf. Die Frametime steigt in diesen Fällen auf 20 bis 25 ms, während die Frametimes mit 16 GiByte bei maximal 15 ms Verzögerung liegen. Da die größeren Schwankungen mit 8 GiByte irritieren, schließen wir uns der immer häufiger von Entwicklern ausgegebenen Empfehlung an: Mit 16 GiByte sind Sie in allen aktuellen Spielen gut aufgestellt.

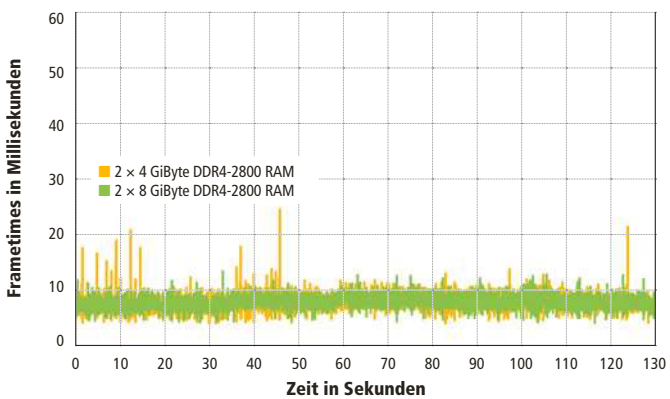
32 GiByte bringen im Direktvergleich mit 16 GiByte kaum Vorteile, auch mit dieser Speichermenge können gelegentlich minimale Ruckler auftreten. Das liegt dann aber nicht an Speichermangel, sondern an Eigenheiten der Engine. Die mit Grafikmods verschönerte Skyrim Special Edition legt beispielsweise immer mal wieder eine kurze Nachladepause ein, wenn man die riesige Spielwelt durchstreift. 32 GiByte sind damit primär für Spieler interessant, die ein größeres Budget haben, für alle Fälle gewappnet sein oder gerne Multi-Tasking betreiben möchten. Aus Preis-Leistungs-Sicht lohnt sich diese Speichermenge vorerst nicht.

Über den Tellerrand

Falls Sie intensiven Gebrauch von Bildbearbeitung, virtuellen Maschinen und/oder RAM-Disks machen, benötigen Sie womöglich deutlich mehr als 16 oder 32 GiByte Speicher. In diesem Fall können Ihnen Herstellerempfehlungen, die Erfahrungen anderer Nutzer und eigene Beobachtungen weiterhelfen. Photoshop reserviert sich etwa standardmäßig 70 Prozent des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers und gibt einen Effizienzwert aus, der im Idealfall bei 100 % liegt. Niedrigere Werte weisen auf eine Auslagerung auf die SSD/HDD hin, die sich mit einer RAM-Aufstockung vermeiden lassen.

Zweimal 4 GiByte gegen zwei 8-GiByte-Riegel

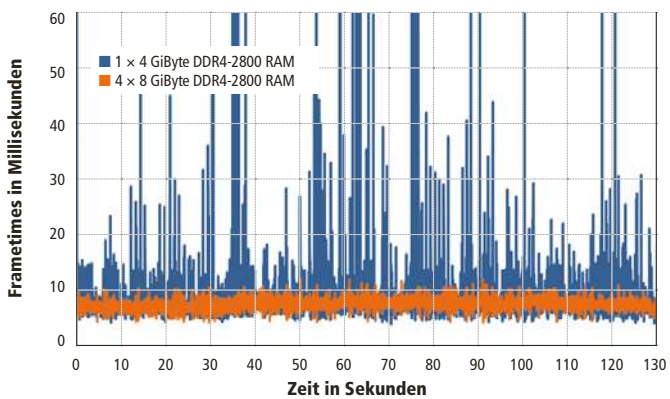
Battlefield 1 – 1.920 × 1.080, „Amiens Extended", Ultra, TAA



System: i7-6900K @ 4,0 GHz, X99, PNY GTX 1080/8G OC (2.000 MHz,10 GT/s), Gef. 376.33 WHQL **Bemerkungen:** 2 × 4 GiByte – Ø-FT: 8,0 ms; schlechtestes Prozent: 11,5 ms; Ø-Fps: 125,2; 2 × 8 GiByte – Ø-FT: 7,9 ms, schlechtestes Prozent: 10,9 ms; Ø-Fps: 126,6 Fps; 16 GiByte bringen recht deutliche Vorteile gegenüber 8 GiByte.

Ein 4-GiByte-Riegel vs 32 GiByte Quadchannel

Battlefield 1 – 1.920 × 1.080, „Amiens Extended", Ultra, TAA



System: i7-6900K @ 4,0 GHz, X99, PNY GTX 1080/8G OC (2.000 MHz,10 GT/s), Gef. 376.33 WHQL **Bemerkungen:** 1 × 4 GiByte – Ø-FT: 8,5 ms; schlechtestes Prozent: 39,1 ms; Ø-Fps: 117,6; 4 × 8 GiByte – Ø-FT: 7,7 ms, schlechtestes Prozent: 10,1 ms; Ø-Fps: 129,9 Fps; Mit nur 4 GiByte Arbeitsspeicher ist BF1 kaum genießbar.

Mehrkanalbetrieb bestmöglich nutzen

Wenn Sie wissen, welche Speichermenge Sie benötigen, sollten Sie planen, wie Sie vom Mehrkanalbetrieb profitieren können. Indem der RAM-Controller statt einem mindestens zwei, drei oder vier Module gleichzeitig anspricht, lässt sich die Transferrate deutlich erhöhen.

Überblick

Welche Art des Mehrkanalbetriebs Sie nutzen können, hängt von der verwendeten Plattform ab:

- Single Channel ist der Basisbetrieb bei der Verwendung lediglich eines Moduls. Für den Low-Budget-Sockel AM1, für den AMD keine neuen Komponenten veröffentlichen wird, steht nur Single Channel zur Verfügung, unabhängig von der Anzahl der verbauten Module.
- Dual Channel ist die am häufigsten genutzte Beschleunigungstechnik, die durchgehend in der Mittelklasse zum Einsatz kommt. Vom Parallelbetrieb zweier Kanäle mit mindestens zwei Riegeln können unter anderem die Besitzer von Mainboards mit dem Sockeln AM3(+), FM2(+), 1150, 1151, 1155 und 1156 profitieren.
- Triple Channel debütierte 2008 mit den ersten Core-i7-Prozessoren für den Sockel 1366. Für diese Technik werden mindestens drei Module benötigt.
- Quad Channel, also die gleichzeitige Nutzung von vier Kanälen mit mindestens vier Modulen, steht nur für die Sockel 2011 und 2011-v3 zur Verfügung.

Alle der genannten Plattformen unterstützen jeweils auch einfachere Mehrkanalverfahren. Auf einem Sockel-2011-v3-PC können Sie also auch Dual und Triple Channel oder mit einem Sockel-1366-Rechner Dual Channel nutzen.

Kits sind kein Muss

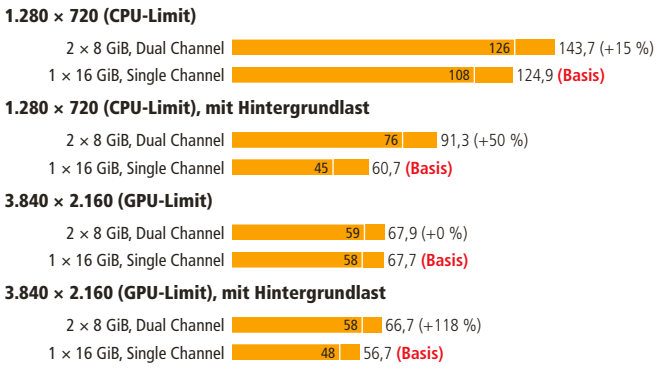
Wichtig ist in diesem Zusammenhang: Die Fähigkeit zum Mehrkanalbetrieb ist eine Eigenschaft des Speichercontrollers, der seit dem Athlon 64 beziehungsweise Core i7 in den Prozessor integriert ist. Im Handel angebotene Dual-, Triple- oder Quad-Channel-Kits sind lediglich vom Hersteller für den Mehrkanalbetrieb zusammengestellte, baugleiche Riegel. Diese Produkte sind daher zwar empfehlenswert, aber kein Muss, um die Vorteile des Mehrkanalverfahrens nutzen zu können. Sie benötigen nicht einmal Module mit der identischen Kapazität, wenn Sie sich an einige Grundlagen halten.

Gleiche Kapazität pro Kanal

Jeder RAM-Slot auf dem Mainboard ist einem Kanal zugeordnet. Für den optimalen Betrieb muss die in allen Kanälen zur Verfügung stehende Speichermenge identisch sein. Für Dual Channel besteht also die einfachste Methode darin, zwei Speichermodule mit der identischen Kapazität in die richtigen Slots zu stecken. Bei einer Hauptplatine mit vier Steckplätzen sind das oft der am weitesten vom Prozessor entfernte sowie der ihm zweitnächste Steckplatz. Üblicherweise gehören die beiden inneren Steckplätze zu einem Kanal, die beiden äußeren Einbaumöglichkeiten zum anderen Kanal. Ziehen Sie bei Zweifeln das Handbuch Ihres Mainboards hinzu.

Auch mit drei Modulen funktioniert Dual Channel perfekt, solange Sie zwei Module mit der halben Kapazität des größeren Moduls haben. Dann stecken Sie z. B. 1 × 8 GiByte in einen Steckplatz von Kanal A und 2 × 4 GiByte in zwei Steckplätze von Kanal B. Bei vier Modulen können Sie nach dem gleichen Prinzip vorgehen. Falls es nicht möglich sein sollte, alle Kanäle mit der gleichen Kapazität zu bestücken, dann sollten Sie die Module so auf die Steckplätze verteilen, dass Sie der Idealverteilung möglichst nahekommen. Je größer der Kapazitätsüberschuss in einem Kanal, desto höher ist die Chance, dass das System bei einem Zugriff auf das langsamere Niveau zurückfällt. Dieses Prinzip gilt auch

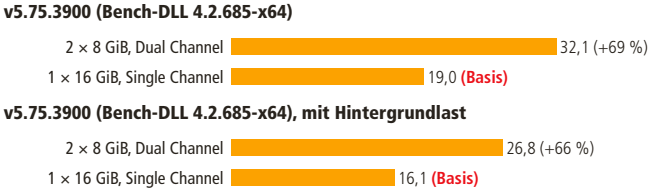
Far Cry 4: Dual Channel wirkt nicht im GPU-Limit



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ), Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

Min. Ø Fps
▶ Besser

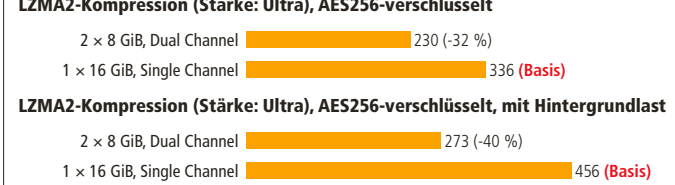
Aida 64 (Kopierrate)



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ), Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

GB/s
▶ Besser

7-Zip: Ca. 3 GB komprimieren und verschlüsseln



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ), Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

Sekunden
◀ Besser

für Triple und Quad Channel, nur müssen Sie bei vielen unterschiedlichen Sticks mitunter mehr Kopfrechnen, um die beste Belegung herauszufinden.

Die Vorteile

Im Alltag bringt Mehrkanalbetrieb den größten Nutzen, wenn mehrere Programme gleichzeitig auf den Arbeitsspeicher zugreifen. Wenn Sie beispielsweise einige Gigabyte Daten zur Archivierung komprimieren und in der Zwischenzeit nicht warten, sondern etwas spielen möchten, verhelfen mehr Speicherkanäle sowohl zu höheren Bildraten als auch einer kürzeren Kompressionszeit. In Spielen profitieren Sie ohne Hintergrundlast aber auch dann deutlich, wenn die Grafikkarte nicht die Bildrate begrenzt.

Der Mehrkanalbetrieb erhöht den Speicherdurchsatz deutlich und ist praktisch kostenlos, da sich Einzelmodule und Kits preislich kaum unterscheiden. Sehr hohe Gesamtkapazitäten lassen sich sogar erst mit mehreren Modulen erreichen. Greifen Sie bei einem Neukauf, etwa beim Wechsel auf DDR4, am besten gleich zu einem Dual-/Quad-Channel-Kit mit zwei/vier identischen Sticks. Wenn Sie Module ersetzen oder die RAM-Menge aufstocken möchten, dann berücksichtigen Sie das Thema Mehrkanalbetrieb vor dem Kauf.

RAM-Tuning: Takt wichtiger als Timings

Neben der Speichermenge und der Kanalbündelung haben auch die Taktfrequenz, die Timings und der interne Aufbau der RAM-Module eine Auswirkung auf die Leistung des PCs.

Overclocking-Überlegungen

Die offiziellen Angaben zum unterstützten Speichertakt fallen gerade bei Intel-Prozessoren sehr konservativ aus. Dadurch können Übertakter, welche die Herstellervorgabe ignorieren, durch RAM-Overclocking viel zusätzliche Leistung aus dem System herauskitzeln.

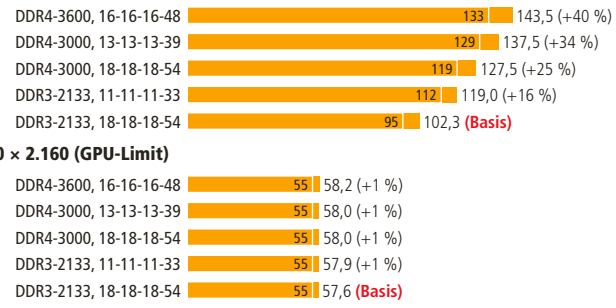
Grundsätzlich lassen sich alle Module übertakten, für gute Ergebnisse kommt es aber vor allem auf die verbauten Chips an. Die Samsung-Bausteine K4A8G085WB-BCPB zählen zu den DDR4-Modellen, welche die höchsten Taktfrequenzen ermöglichen. Das Problem: Die Hersteller sparen mit Informationen zu den aufgelöteten Bausteinen, sodass ein gezielter Kauf schwierig ist. In PCGH-Tests geben wir nach Möglichkeit die verbauten Chips an, die Aufkleber von Corsair und G.Skill lassen beispielsweise Rückschlüsse auf den Chip-Hersteller zu (www.pcgh.de/ram-chips). Bei Modulen von Crucial sind typischerweise Micron-Bausteine installiert, bei Klevv hingegen SK-Hynix-Chips. Auf der sicheren Seite sind Sie mit gut spezifizierten, aber auch teureren Kits.

Glücklicherweise lassen sich fast alle günstigen, für DDR4-2133 oder DDR4-2400 spezifizierten Module auf DDR4-3000 oder zumindest DDR4-2666 übertakten. Für diesen Taktbereich müssen Sie oft nicht einmal an der Spannung schrauben oder die Timings entschärfen.

Für höhere Taktfrequenzen benötigen Sie ein wenig Glück bei der Chipgüte und eine geeignete Plattform. Auch die Bestückung spielt eine wichtige Rolle. Faustregel: Je mehr Speichermodule installiert sind, desto eher tendiert das System zu Instabilität. Die Intel-Prozessoren mit dem Sockel 1151 Kaby Lake und Skylake eignen sich besser als die High-End-Plattform Haswell-E und Broadwell-E (Sockel 2011-v3), um Taktraten ab DDR4-3200 zu erreichen. Die meisten OC-Riegel unterstützen XMP. Wenn Sie im UEFI-Menü ein solches Profil laden, läuft der Speicher nach dem Neustart übertaktet.

Die Timings entscheiden darüber, wie viele Taktzyklen für eine bestimmte Operation vergehen, niedrige Timings sind daher besser. Üblicherweise sind vier Latenzen, nämlich CAS (CL), RCD, RP und RAS hintereinander aufgeführt, etwa 15-15-15-35. Da es sich um relative Werte handelt, die an

The Witcher 3: CPU- und GPU-Limit



System: System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Limitiert die Grafikkarte die Framerate, dann ist RAM-Overclocking wirkungslos.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Single vs. Dual Rank: Messbarer, aber kein riesiger Unterschied mit zwei Sticks

Benchmark	Ohne Hintergrundlast		Mit Hintergrundlast	
	Single Rank	Dual Rank	Single Rank	Dual Rank
Aida64 (Kopierrate)	32,1 GB/s	35,0 GB/s (+9 %)	26,8 GB/s	31,8 GB/s (+19 %)
7-Zip	230 Sek.	210 Sek. (-9 %)	273 Sek.	249 Sek. (-9 %)
Adobe Lightroom	118 Sek.	114 Sek. (-3 %)	152 Sek.	143 Sek. (-6 %)
x264 HD	4,35 Fps	4,38 Fps (+1 %)	3,97 Fps	4,03 Fps (+2 %)
Far Cry 4 (720p)	143,7 Fps	146,5 Fps (+2 %)	91,3 Fps	96,7 Fps (+6 %)
Far Cry 4 (2160p)	67,9 Fps	67,9 Fps (+0 %)	66,7 Fps	66,1 Fps (-1 %)
The Witcher 3 (720p)	119,6 Fps	128,9 Fps (+8 %)	79,3 Fps	88,9 Fps (+12 %)
The Witcher 3 (2160p)	58,0 Fps	58,0 Fps (+0 %)	57,5 Fps	57,8 Fps (+1 %)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), EVGA Geforce GTX 980 Ti Classified; Windows 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ)

die Taktfrequenz gekoppelt sind, behelfen sich manche PC-Tuner auf der Suche nach der idealen Konfiguration damit, anhand der Eckdaten die effektive Zugriffszeit ausrechnen, etwa so: (CAS-Latenz/halber DDR-„Takt“) × 1.000 = Zugriffszeit in Nanosekunden

Wir raten Ihnen allerdings, Ihre Zeit nicht für Rechenspiele, sondern für Benchmarks wie die gestoppte Zeit zum Komprimieren eines Ordners zu investieren: Für DDR4-3000 und CL18 ergeben sich rechnerisch 12 Nanosekunden. Eigentlich müsste DDR4-2133/CL11 mit 10,3 Nanosekunden die schnellere Lösung sein. Wie unsere Benchmarks zeigen, ist im Alltag das Taktplus wichtiger. Ein Grund hierfür ist, dass bei einer Burst-Übertragung nicht nur ein einzelner Zugriff, sondern auch ein Transfer von Daten stattfindet, der bei einem höheren Takt tendenziell schneller abgeschlossen ist.

Dual Rank flotter pro MHz

Die Anzahl der Ranks beschreibt den internen Aufbau der Speichermodule. Module mit einer hohen Kapazität sind meistens dual-ranked. DDR4-Sticks mit 4 GiByte sind grundsätzlich single-ranked, DDR3-Sticks mit 8 GiByte dual-ranked. Mehr Ranks bringen dank Rank-Interleaving ein kleines Leistungsplus. Für die Geschwindigkeit spielt es aber keine Rolle, auf wievielen Modulen die Ranks verteilt liegen. Vier Single-Rank-Sticks sind also genau so schnell wie zwei Dual-Rank-Module. *(sw)*

Lightroom: 30 Bilder konvertieren (Raw zu Jpeg)

87 % SRGB, 3.840 Pixel max. Kantenlänge und schärfen

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Hier zählt vor allem die Prozessorleistung, schneller Speicher bringt nur kleine Vorteile.

Sekunden
◀ Besser

7-Zip: Ca. 3 GB komprimieren und verschlüsseln

LZMA2-Kompression (Stärke: Ultra), AES256-verschlüsselt

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Bei der Komprimierung hilft schneller Speicher enorm – 30 Prozent Zeitersparnis sprechen für sich.

Sekunden
◀ Besser

Kühler & Optik – Empfehlungen auf der Folgeseite

Einige Hersteller statten Ihre RAM-Module mit großen und mitunter auch aufwendig gestalteten Kühlkörpern aus, manchen Kits liegen Lüfteraufsätze bei. Über den Zubehörmarkt können Sie eine derartige Ausstattung auch nachrüsten – eine gute Investition?

Gute Kühlung sinnvoll

Wenn Sie knapp bei Kasse sind eher nicht, denn weder DDR3- noch DDR4-Module benötigen zwingend einen Kühler, wie die „nackten“ Low-Budget-Riegel der meisten Hersteller beweisen. Dennoch sollten Sie die Kühlung des RAMs nicht völlig vernachlässigen: Wie bei Prozessoren oder Grafikchips senken niedrige Temperaturen den Verschleiß und erhöhen die Overclocking-Reserven leicht. Die Leistung kann bei zu schlechter Wärmeabfuhr sinken, denn wenn das Chipgehäuse 85 °C erreicht, werden zusätzliche Refresh-Zyklen eingelegt. Bei solchen Auffrischungsvorgängen werden die Inhalte der Speicherzelle ausgelesen und neu geschrieben. Damit wird Informationsverlusten vorgebeugt, welche durch die allmähliche Selbstentladung der Kondensatoren des RAM-Moduls drohen. Refresh-Zyklen sind also wichtig, blockieren aber einzelne Speicherzellen für einen kurzen Moment, in dem sie nicht produktiv genutzt werden können.

Eine durchdachte Gehäusebelüftung hilft: Bleibt der Innenraum kühl, überhitzt auch der Arbeitsspeicher nicht. Übertakter-RAM ist ohnehin fast immer mit Kühlkörpern ausgestattet, mit denen eine moderate Überspannung kein Problem darstellt. Sofern Ihr Arbeitsspeicher über einen Temperatursensor verfügt, können Sie ihn mit der Software Thaiphoon Burner (www.softnology.biz) auslesen. Die Behauptung, dass RAM-Kühler keinen oder einen schädlichen Einfluss haben, ist übrigens falsch. Ein gut sitzender Heatspreader senkt die Temperaturen messbar.

... und sonst?

Es spricht nichts dagegen, beim RAM-Kauf auch auf die Optik zu achten, doch dabei sollten Sie im Hinterkopf haben, dass Sie voluminöse CPU-Kühler und Arbeitsspeicher mit großen Kühlblechen aus Platzgründen häufig nicht gleichzeitig verbauen können. Für aufwendige Beleuchtungssysteme sollten Sie natürlich ein Fenster im Seitenteil haben und bereit sein, einen Aufpreis zu zahlen.

Bild: G.Skill

Firmen wie GEIL und G.Skill bieten seit Kurzem RAM-Module mit RGB-Beleuchtung an, die sich via Software an die eigenen Vorlieben anpassen lässt.

Lüfteraufsätze kühlen prima, brauchen aber viel Platz und sind aus Silent-PCs herauszuhören – die meisten PC-Spieler können guten Gewissens darauf verzichten.

DDR4-RAM für Office, HTPC & Co.

Zum Surfen, Filme schauen, Bearbeiten von Dokumenten und für wenig anspruchsvolle Spiele reichen 8 GiByte mühelos aus.

Die zwei 4-GiByte-Module des Kits BLS2C4G4D240FSC aus Crucials Ballistix-Sport-LT-Serie sind für DDR4-2400/CL16 bei 1,20 Volt spezifiziert und mit einem kompakten Heatspreader ausgestattet, der gut zu großen CPU-Kühlern passt. Ein paar Euro günstiger, aber nur für DDR4-2133 freigegeben ist das Intenso-Kit Desktop Pro 5641152 (www.pcgh.de/preis/1528390), welches keinen Heatspreader bietet; das lohnt sich nur, wenn Sie auf jeden Euro schauen müssen.

www.pcgh.de/preis/1320338

ab ca. € 55,-

DDR4-RAM für sparsame Spieler

16 GiByte sorgen in manchen Spielen für eine deutlich gleichmäßigere Darstellung als 8 GiByte – das zusätzliche Geld ist gut investiert.

Patriots Viper-4-Kit PV416G280C6K punktet mit guten Daten (DDR4-2800, 16-18-18-36, 1,20 Volt) zum niedrigen Preis, eine gut erhältliche Alternative ist das Crucial-Set CT2K8G4DFS8213 (www.pcgh.de/preis/1155831). Das Single-Rank-Päärchen ist aber lediglich für DDR4-2133 freigegeben, außerdem hat es keinen Heatspreader. Die Quad-Channel-Version CT4K4G4DFS8213 mit 4 × 4 GiByte liegt bei 100 Euro (www.pcgh.de/preis/1148276).

www.pcgh.de/preis/1343021

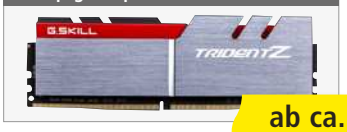
ab ca. € 100,-

DDR4-RAM für Fps-Jäger

Übertakter-RAM ermöglicht deutlich höhere Taktfrequenzen als Standardspeicher – dafür wird allerdings ein Aufpreis fällig.

DDR4-3600 ist mit Skylake- und Kaby-Lake-Prozessoren der K-Serie in der Praxis relativ einfach zu erzielen, obwohl die CPUs dafür nicht offiziell freigegeben sind. Das Kit G.Skill Trident Z F4-3600C16D-16GTZ überzeugt mit guten 16-16-16-36er-Timings bei 1,35 Volt und bietet einen massiven Kühlkörper. Günstigere Alternative mit ebenfalls 2 × 8 GiByte: G.Skill F4-3200C16D-16GVK (DDR4-3200, 16-16-16-36, 1,35 V) für 140 Euro (www.pcgh.de/preis/1337185)

www.pcgh.de/preis/1374972



ab ca. € 170,-

DDR4-RAM gegen Speicherhunger

Einzelne Module mit 16 GiByte sind ohne Aufpreis zu haben – bereits mit zwei Riegeln haben Sie bei Bedarf auf absehbare Zeit ausgesorgt.

Corsairs Duo mit der Produktnummer CMK32GX4M2A2666C16R ist für DDR4-2666 (16-18-18-35) bei 1,20 Volt spezifiziert und mit kompakten Kühlern ausgestattet. Falls verfügbar, können Sie bei Patriots DDR4-2133-Duo PVE432G213C4KGY knapp 20 Euro sparen (www.pcgh.de/preis/1554777). Für Quad-Channel-Systeme: Crucial CT4K8G4DFS824A mit 4 × 8 GiByte und DDR4-2400/CL17 bei 1,20 Volt für 200 Euro (www.pcgh.de/preis/1392056)

www.pcgh.de/preis/1316602

ab ca. € 210,-

DDR3-RAM für Office, HTPC & Co.

2 × 4 GiByte reichen oft für den Zweit-PC, sind aber auch zum Aufrüsten gut geeignet, falls noch Steckplätze frei sind.

Hinter Patriots Viper-3-Kit mit der Produktnummer PV38G160C9K stecken zwei 4,1 cm hohe 4-GiByte-Module, spezifiziert für DDR3-1600 (9-9-9-24) bei 1,50 Volt. Crucials Ballistix-Sport-Kit mit der Produktnummer BLS2CP4G3D1609DS1S00CEU ist rund 5 Euro teurer, dafür mit einem nicht über die Platine hinausstehenden Kühler ausgestattet und bei mehr Händlern auf Lager (www.pcgh.de/preis/723497).

www.pcgh.de/preis/800341

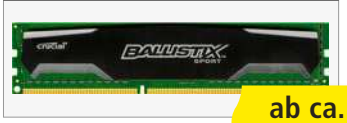
ab ca. € 60,-

DDR3-RAM für sparsame Spieler

In einem zeitgemäßen Gaming-PC sollten heute mindestens 16 GiByte stecken – mit diesem Kit hält sich die Investition in Grenzen.

Crucials Kit BLS2CP8G3D1609DS1S00CEU aus der Ballistix-Sport-Serie bietet zwei Sticks mit je 8 GiByte, die für DDR3-1600 (9-9-9-24) bei 1,50 Volt ausgelegt sind. Da der Kühler an der Oberseite nicht übersteht, sind die Regel lediglich 3 cm hoch und vertragen sich gut mit großen Prozessorkühlern. Die Overclocking-Reserven sind nach unserer Erfahrung gering, DDR3-1866 sollte sich aber zumindest mit angehobener Spannung (1,65 Volt) stabil realisieren lassen.

www.pcgh.de/preis/739120



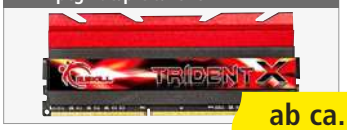
ab ca. € 110,-

DDR3-RAM für Fps-Jäger

In Spielen limitiert zwar oft die Grafikkarte, doch bei reduzierter GPU-Last und Alltagsanwendungen bringt schneller RAM oft Vorteile.

Das G.Skill Trident X besteht aus zwei Modulen mit je 8 GiByte, die für DDR3-2400 (10-12-12-31) bei 1,65 Volt ausgelegt sind. Der Kühler sorgt für niedrige Temperaturen, durch das Abschrauben des roten Kamms lässt sich die Höhe auf 3,9 cm drücken. Gute Alternativen, solange der Preis stimmt: Corsair Vengeance Pro CMY16GX3M2A2400C11R (www.pcgh.de/preis/996092) und Adata XPG V3 AX3U2600W8G11-DBV-RG (www.pcgh.de/preis/1150326)

www.pcgh.de/preis/764621



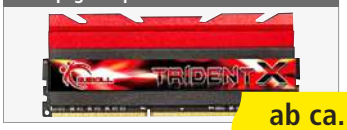
ab ca. € 130,-

DDR3-RAM gegen Speicherhunger

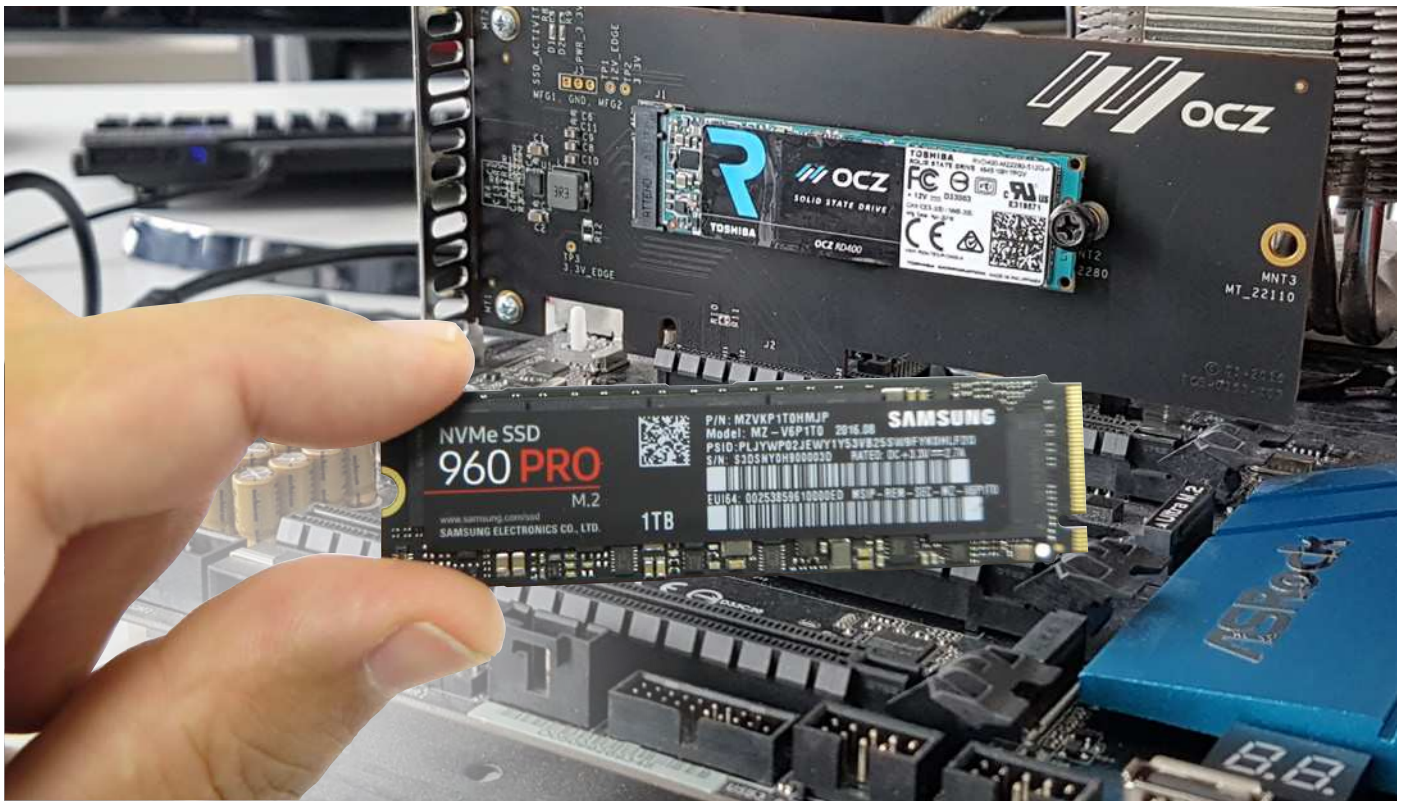
Mit 32 GiByte haben Sie Reserven für Multi-Tasking und müssen sich um den Speicherbedarf von Spielen keine Sorgen mehr machen.

Mit 4 × 8 GiByte und einer schnellen CPU können Sie den Plattformwechsel um einige Jahre hinauszögern. G.Skills Kit F3-2400C10Q-32GTX ist schön schnell (DDR3-2400/10-12-12-31 bei 1,65 Volt), falls Sie sich aber an der großen Kühlkonstruktion stören oder etwas Geld sparen möchten, dann ist das Crucial-Kit BLS4CP8G3D1609DS1S00BEU für ca. 220 Euro (4 × 8 GiByte, DDR3-1600, 9-9-9-24) eine gute Wahl (www.pcgh.de/preis/912206).

www.pcgh.de/preis/764615



ab ca. € 250,-



Mehr Euro pro Gigabyte

Seit Mitte des letzten Jahres ist es vorbei mit dem Preisverfall für SSDs, Lieferengpässe sorgen für steigende Preise – super schnell und unverzichtbar sind sie aber immer noch.

Vom Systemlaufwerk zum Datengrab: Die schnelle Solid State Disk, kurz SSD, hat längst die Magnetfestplatte als Heim für die Windows-Installation abgelöst. Denn der Geschwindigkeitsvorteil beim Hochfahren oder Programmstart ist schon spürbar. Der alte Backstein im 3,5-Zoll-Format dient bestenfalls als Datengrab. Aber selbst diese Funktion macht die SSD ihm streitig, da die Flash-Massenspeicher immer günstiger wurden. Außerdem wuchs die SSD-Kapazität in Dimensionen, die es erlaubt, etwa umfangreiche Video-Bibliotheken beherbergen zu können: Viele Modelle sind bereits in einer 1-TByte-Version verfügbar – und auch einige SSDs mit Kapazitäten mit zwei oder gar vier Terabyte sind mittlerweile auf dem Markt. Warum die gute alte Magnetplatte noch nicht ein Relikt vergangener Zeiten ist, liegt daran, dass der Preis einer SSD direkt proportional mit der Kapazität steigt. Ganz im Gegenteil zur HDD, bei der das Gigabyte pro Euro am günstigsten bei hohen Kapazitäten ist. Auch beim Datenmaximum ist die 3,5-Zoll-Festplatte noch immer vorn: Bei SSDs ist bei 4 TByte Schluss, eine HDD aber fasst bis zu 12 TByte an Daten. Die Magnetplatten halten also an ihrer Nische als Datengrab fest, wo es allein auf die hohe Kapazität ankommt.

Preissteigerung von bis zu 25 Prozent

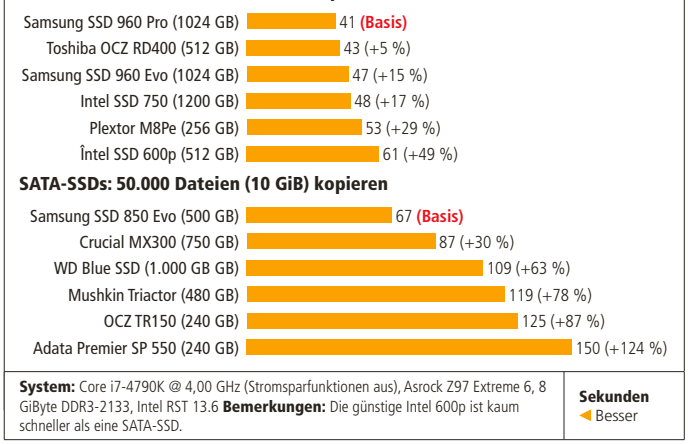
Ende 2016 haben wir auf www.pcgh.de in den News darüber berichtet, was ohnehin schon die ganze zweite Jahreshälfte zu spüren war: Die SSDs sind um sechs bis zehn Prozent teurer geworden. Und damit nicht genug, die Preise könnten weiter um bis zu 25 Prozent anwachsen. Jetzt, im Frühjahr 2017, kann noch immer nichts Gegenteiliges berichtet werden – die Preise steigen weiter munter. Diese Entwicklung ist übrigens im PCGH-Preisvergleich online bei jedem Modell unter dem Reiter „Preisentwicklung“ zu bestaunen.

Die Gründe für den Preisaufschwung sind in den Lieferengpässen zu finden, die daraus resultieren, dass der Flash-Speicher immer beliebter wird. Nicht etwa nur als SSD für den PC, sondern auch in Notebooks, wo er immer öfter zum Einsatz kommt. Der Speicher in Smartphones wächst in der Kapazität stetig. Auch mit der Rückrufaktion des Samsung Galaxy Note 7 sollen Millionen Gigabyte an NAND-Chips verloren gegangen sein, während Samsung gleichzeitig verstärkt auf den Enterprise-Markt gesetzt haben soll. Selbst als Marktführer konnte Samsung dem Bedarf der beiden aktuellen PCIe-Topmodelle SSD 960 Pro und SSD 960 Evo nicht gerecht werden.

Was eine gute SSD ausmacht

Preissteigerung hin oder her, es hilft nichts: Am Jahresanfang kam en mit Kaby Lake neue Intel-CPUs und auch AMD spielt mit Ryzen und Vega wieder an der Performance-Spitze mit. Wer jetzt aufrüsten möchte, steigt nicht unbedingt von der HDD auf die SSD um, eher vom SATA-Modell im 2,5-Zoll-Format auf die schnellere PCIe-SSD mit aktuellem NVME-Protokoll. Fast alle aktuellen Mainboards bieten einen M.2-Sockel, der PCI Express 3.0 x4 bietet. Manche haben einen weiteren, der auch SATA-Modelle

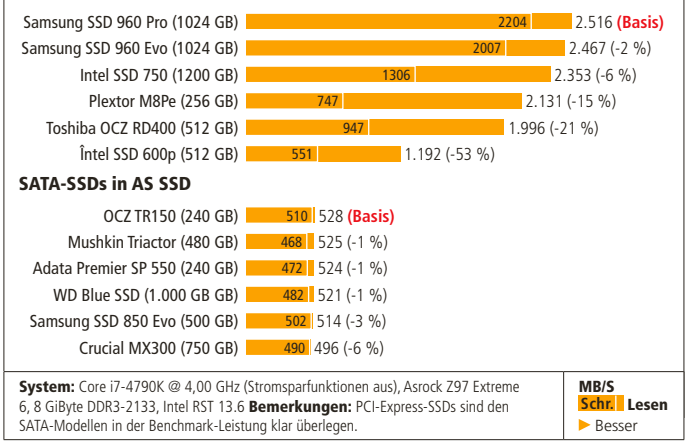
Kopiertest: PCIe-Modelle nur knapp vor SATA



System: Core i7-4790K @ 4,00 GHz (Stromsparfunktionen aus), Asrock Z97 Extreme 6, 8 GiByte DDR3-2133, Intel RST 13.6 **Bemerkungen:** Die günstige Intel 600p ist kaum schneller als eine SATA-SSD.

Sekunden
◀ Besser

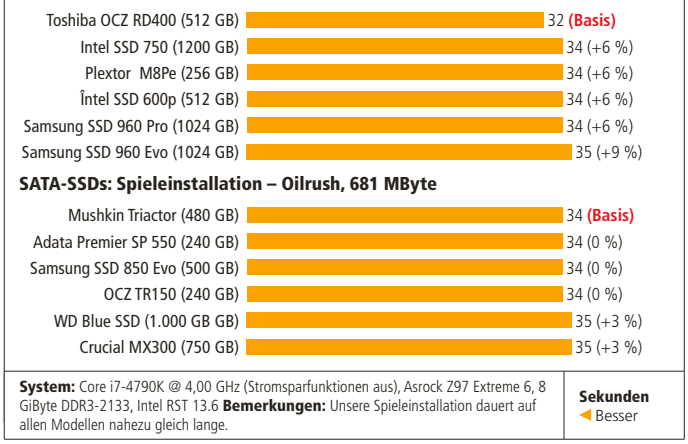
Lese- und Schreibleistung im Benchmark



System: Core i7-4790K @ 4,00 GHz (Stromsparfunktionen aus), Asrock Z97 Extreme 6, 8 GiByte DDR3-2133, Intel RST 13.6 **Bemerkungen:** PCI-Express-SSDs sind den SATA-Modellen in der Benchmark-Leistung klar überlegen.

MB/S
Schr. Lesen
▶ Besser

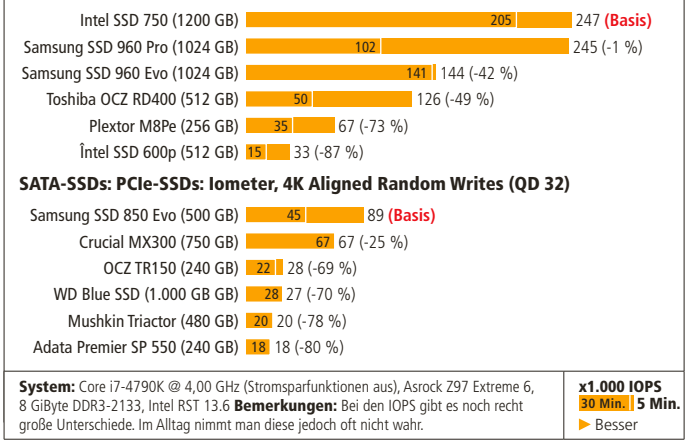
Kaum Unterschiede in einer Spieleinstallation



System: Core i7-4790K @ 4,00 GHz (Stromsparfunktionen aus), Asrock Z97 Extreme 6, 8 GiByte DDR3-2133, Intel RST 13.6 **Bemerkungen:** Unsere Spieleinstallation dauert auf allen Modellen nahezu gleich lange.

Sekunden
◀ Besser

IOPS jeweils nach 5 und 30 Minuten



System: Core i7-4790K @ 4,00 GHz (Stromsparfunktionen aus), Asrock Z97 Extreme 6, 8 GiByte DDR3-2133, Intel RST 13.6 **Bemerkungen:** Bei den IOPS gibt es noch recht große Unterschiede. Im Alltag nimmt man diese jedoch oft nicht wahr.

x1.000 IOPS
30 Min. 5 Min.
▶ Besser

im M.2-Format unterstützt. Damit die PCIe-SSD nicht im falschen M.2-Slot landet, hilft ein Blick ins Mainboard-Handbuch. Bei manchen Sockeln handelt es sich um Kombibuchsen, die sowohl SATA als auch PCI-Express mit nur zwei Lanes bietet. Während die ersten PCIe-SSDs im Steckkartenformat gebaut wurden, hat sich die acht Zentimeter lange M.2-Platine mittlerweile durchgesetzt. Über einen Adapter, den manche Hersteller noch mitliefern, kann sie genauso gut am PCIe-3.0-x16-Port betrieben werden. Schon technisch bedingt sind die PCIe-Modelle deutlich schneller als die SATA-Pendants. Das macht sich aber nicht immer in der Praxis bemerkbar. Die hohen MB/s-Angaben der sequenziellen Lese- und Schreibwerte sehen im Datenblatt zwar schön aus, sie haben aber kaum Aussagekraft für die Praxisleistung. Dafür sind die Aufgaben zu verschieden: In unserem oben abgedruckten Kopiertest sind schnelle PCIe-SSDs doppelt oder gar drei Mal so schnell wie langsame SATA-Modelle, in einer Spieleinstallation aber sind die Unterschiede kaum vorhanden. In der Ausgabe 04/2017 haben wir außerdem den Einfluss der Speicherart auf aktuelle Spiele untersucht, also Ladezeiten und Frametimes verglichen. Wir haben eine HDD, eine SATA-SSD und eine PCIe-SSD gegeneinander antreten lassen.

Grobes Fazit: Die Ladezeiten einer HDD dauern gut doppelt so lange, während der Unterschied zwischen den beiden SSD-Arten nur eine oder wenige Sekunden ausmachen. Allein für Spiele lohnt sich kein Umstieg von SATA auf PCI Express 3.0.

Minimale Kühlung: Die PCI-Express-SSDs aus dem Hause Samsung haben eine wärmeleitende Kupferschicht im Aufkleber.

Samsung SSD 960 Pro: Das aktuelle Nonplusultra der Consumer-SSDs. Keine ist schneller in den Benchmarks, der 960 Pro werden im sequenziellen Lesen bis zu 3,5 GBit/s zugeschrieben. Diese werden unter günstigsten Bedingungen, also etwa schnelle CPU und unkomprimierte Daten, auch in Benchmarks erreicht. In unseren drei Praxismessungen ist der Vorsprung der 960 Pro zum Rest nicht ganz so drastisch, dennoch liegt das aktuelle Topmodell auch hier fast immer ganz vorne. In den IOPS kann ihr nur die deutlich teurere Intel 750 das Wasser reichen. Der relativ hohe Preis der 960 Pro rechtfertigt sich durch die 5 Jahre Garantie und durch das recht hohe garantierte Schreibvolumen. Ein weiterer Unterschied zu manch anderem aktuellen Modell ist der MLC-Speicher (Multi Level Cell). Er speichert nur zwei statt drei Bit pro Zelle, wie TLC (Triple Level Cell) und gilt damit zumindest theoretisch als haltbarer. Die aktuell wohl beste SSD auf dem Markt hat nicht unbedingt das beste Preis-Leistungs-Verhältnis. Mit der recht guten Garantie wird hier mehr für die Sicherheit als für die praktische Leistung gezahlt, sodass Privatanwender mit einem günstigeren Modell genauso gut auskommen.

Samsung SSD 960 Evo: Gute Leistung und fairer Preis. Mit der 960 Evo brachte Samsung eine PCIe-SSD auf den Markt, die nicht nur in der Leistung ziemlich nahe an das aktuelle Nonplusultra, der 960 Pro, herankommt. Auch im Preis pro GB wird sie bei den PCIe-Modellen aktuell nur von der Intel SSD 600p unterboten - diese ist aber auch deutlich langsamer. Die Samsung SSD 960 Evo hat daher zur Zeit das beste Preis-Leistungs-Verhältnis in der PCIe-Klasse – ist sie doch mit 1 TB knapp 150 Euro günstiger als die 960 Pro. Dafür ist hier TLC- statt MLC-NAND im Einsatz, was kaum ein Nachteil ist.

OCZ RD400: Lange Garantie und gute Leistung. Die RD400 von Toshiba/OCZ führt unsere Rangliste in unserer Messung einer Spieleinstallation an. Zwei Sekunden weniger ist zwar nicht viel, relativ aber schon, wenn man bedenkt, dass sich SATA- und PCIe-Modelle hier kaum unterscheiden. Mit fünf Jahren Garantie und MLC-NAND ist sie eher mit der Samsung SSD 960 Pro vergleichbar. Zwar fällt die garantierte Schreibleistung deutlich geringer aus, dafür ist sie aber auch etwas günstiger bei gleicher Kapazität. In Sachen Preis-Leistungs-Verhältnis ist sie ein Kompromiss aus beiden Samsung-Modellen.

Intel SSD 750: Hochleistungssteckkarte, die im Preis gefallen ist. Bis im Herbst letzten Jahres die Samsung SSD 960 Pro auf den Markt kam, war die Intel SSD 750 lange Zeit die Speerspitze und kostete gut über 1.000 Euro. Den Preis kann sie sich jetzt nicht mehr erlauben, daher ist er mittlerweile dreistellig trotz allgemeiner Preiserhöhung. Von den anderen Modellen unterscheidet sie sich im Format: Sie ist als Steckkarte mit passivem Kühlkörper ausgestattet. In der Lese- und Schreibleistung wurde sie von den beiden Samsung-Modellen überholt. Spitze ist sie nur noch in den IOPS und

PCIe-SSDs

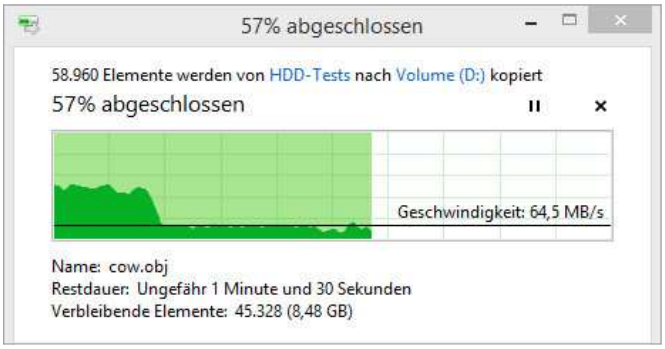
Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien

	1.024 GB	1.024 GB	512 GB	1.200 GB	256 GB	512 GB
Produktinfo/-name	**SSD 960 Pro**	**SSD 960 Evo**	**OCZ RD400**	**SSD 750**	**M8Pe**	**SSD 600p**
Modellbezeichnung	MZ-V6P1T0BW	MZ-V6E1T0BW	RVD400-M2280-512G-A	SSDPEDMW012T401	PX-256M8PeG	SSDPEKKW512G7X1
Hersteller	Samsung	Samsung	Toshiba (toshiba.de)	Intel	Plextor	Intel
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1511187	www.pcgh.de/preis/1511201	www.pcgh.de/preis/1448318	www.pcgh.de/preis/1227662	www.pcgh.de/preis/1448318	www.pcgh.de/preis/1491162
Preis	Ca. € 640,-	Ca. € 460,-	Ca. € 280,-	Ca. € 780,-	Ca. € 185,-	Ca. € 180,-
Preis pro GiB	€ 0,67/GiByte	€ 0,48/GiByte	€ 0,59/GiByte	€ 0,7/GiByte	€ 0,78/GiByte	€ 0,38/GiByte
MTBF*/Haltbarkeit	1.500.000 Stunden/800 TB TB	1.500.000 Stunden/400 TB TB	1.500.000 Stunden/296 TB TB	1.200.000 Stunden/219 TB	2.400.000 Stunden/- TB	1600000/288 TB
Firmware Testmuster	1B6QCXP7	1B6QCXP7	57CZ	0135	1.01	PSF100C
SSD-Controller	Samsung Polaris	Samsung Polaris	Toshiba TC58NCP070GSB	Intel CH29AE41AB0	Marvell 88SS1093	Silicon Motion SM2260
Flash-Chips	MLC-VNAND (48 Lagen)	TLC-VNAND (48 Lagen)	Toshiba 15-nm-MLC	Intel/Micron-MLC	Toshiba 15-nm-MLC	Nanya TLC 32 Layer
DRAM-Cache	1 GB LPDDR3	1 GB LPDDR3	512 MiB Samsung LPDDR3	5 x 512 MiByte Micron DDR3L-1600	512 MiB Samsung	512 MB LPDDR3
Ausstattung (20 %)	**2,57**	**2,92**	**2,25**	**2,51**	**2,55**	**2,60**
Formatierte Kapazität (GiB)	953,87 GiByte	953,87 GiByte	476,94 GiByte	1117,69 GiByte	238,47 GiByte	476,94 GiByte
Herstellergarantie	5 Jahre	3 Jahre	5 Jahre (AWP)	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Zubehör/Besonderheiten	SSD Magigian/NVMe-Treiber	SSD Magigian/NVMe-Treiber	Toshiba SSD Utility	Intel SSD Toolbox	-	Intel SSD Toolbox
Eigenschaften (20 %)	**1,68**	**1,68**	**1,49**	**2,59**	**1,53**	**1,77**
Bootfähig/Option-Rom	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
Schnittstelle	4× PCI-Express 3.0	4× PCI-Express 3.0	4× PCI -Express 3.0	4× PCI-Express 3.0	4× PCI-Express 3.0	4× PCI-Express 3.0
NAND-Typ	MLC	TLC	MLC	Intel/Micron-MLC	MLC	TLC
Trim-Unterstützung (Garbage Collection)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Bauhöhe	M.2	M.2	M.2	PCI-E (HHHL)	M.2	M.2
Leistungsaufnahme Leerlauf/ Lesen/Schreiben	1,9/5,3/5,3 Watt	1,9/5,3/5,3 Watt	2,0/2,8/3,6 Watt	4,0/12,0/12,0 Watt	0,1/6,3/6,3 Watt	0,1/0,2/5,0 Watt
Leistung (60 %)	**1,33**	**1,46**	**1,81**	**1,68**	**2,27**	**3,14**
FAZIT	⊕ Top-Leistung ⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Teuer	⊕ Gutes P/L-Verhältnis ⊕ Eigener Treiber ⊖ Kein Zubehör	⊕ Gutes P/L-Verhältnis ⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Kein Zubehör	⊕ Gute Leistung ⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Hoher Stromverbrauch	⊕ Niedriger Verbrauch ⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Niedrige seq.Leseleistung	⊕ Günstigstes PCIe-Modell ⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Nur SATA-Leistung
	Wertung: **1,65**	Wertung: **1,79**	Wertung: **1,84**	Wertung: **2,03**	Wertung: **2,18**	Wertung: **2,76**

* (MTBF: Mean Time Between Failure)

im Stromverbrauch: Satte 4 Watt schluckt sie im Leerlauf – fast so viel wie manch andere im Betrieb. Da sie auch im Preis pro Gigabyte teurer ist als die 960 Pro, würde sie nur noch zur Alternative, wenn sie weiter im Preis fallen würde.

Plextor M8Pe: Mit und ohne Kühler erhältlich. Auch die Plextor-SSD wurde mittlerweile in der Leistung von der jüngeren Konkurrenz überholt. Es ist das Modell mit der geringsten Kapazität unter den sechs PCIe-SSDs. Schon allein deswegen ist die Leistung geringer als die der anderen Modelle. Mit MLC-NAND und fünf Jahren Garantie ist sie aber recht gut ausgestattet. Die M8Pe kann mit einem niedrigen Verbrauch im Leerlauf punkten. Außerdem ist sie mit und ohne passivem Kühler erhältlich. Die wenigen Grad bringen aber kein erwähnenswertes Leistungsplus in der Praxis.

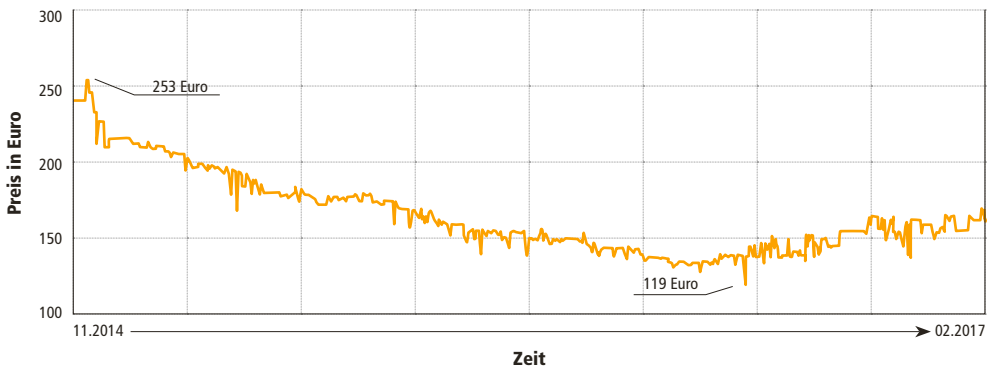


Ein typisches Verhalten von TLC-SSDs: Während die ersten paar GB noch flott übertragen werden, brechen die Übertragungsraten danach stark ein.

Samsung SSD 850 Evo: Einige Jahre auf den Markt, aber beliebt wie am ersten Tag. Bei der Samsung SSD 850 Evo handelt es sich um das beliebteste Modell unseres PCGH-Preisvergleichs. Kein Wunder, denn an den SATA-SSDs hat sich seit langer Zeit nichts mehr getan, vom Preis abgesehen. Mit fünf Jahren Garantie und einem

SSDs sind in mehreren Formaten erhältlich. 2,5-Zoll ist die bekannteste Größe. Unter PCI-Express 3.0 hat sich M.2 durchgesetzt, Steckkarten oder Modelle mit Adaptern gibt es aber noch immer.

Preisentwicklung Samsung SSD 850 Evo: Seit Mitte 2016 immer teurer



Im Frühjahr 2017 kostet die noch immer beliebte Samsung SSD 850 Evo etwa 160 Euro. Im Sommer davor war sie deutlich billiger. Die Preise scheinen unaufhaltsam zu steigen.

guten Preis-Leistungsverhältnis, ist Samsung auch in dieser Klasse führend.

Crucial MX300: Der Samsung 850 Evo dicht auf den Fersen. Wie auch die Samsung-Modelle zeichnet sich eine MX300 durch eine Modellvielfalt in den Kapazitäten aus. Zwischen 500 GB und 1 Terabyte ist selten eine Kompromissgröße zu finden, wie hier mit 750 GByte. Im Benchmark von AS SSD sind Unterschiede unter den SATA-6-GBit/s-Modellen nahezu nicht mehr nennenswert und auch in den Praxistests sind sie gering. Vielmehr sind hier Preis und Ausstattung ausschlaggebend. Die MX300 trumpft hier mit einer Lizenz von Acronis True Image.

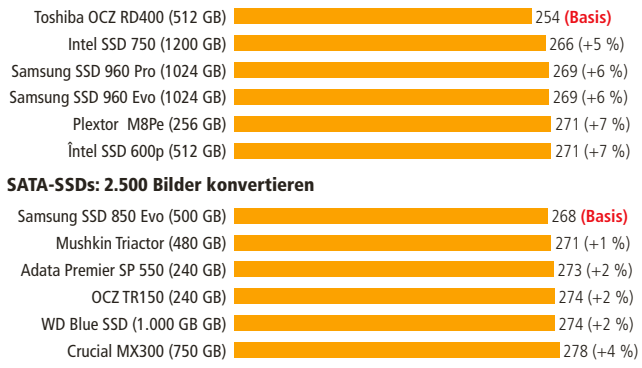
Mushkin Triactor: Günstiges Brot-und-Butter-Modell. Das Modell von Mushkin fällt weder im Datenblatt noch im Benchmark auf. Es kann vielmehr mit dem niedrigste Preis pro Gigabyte unter allen hier vorgestellten SSDs punkten. Auf Zubehör muss dafür verzichtet werden. Erwähnenswert ist der Verbrauch beim Schreiben, der unter zwei Watt bleibt. Wie bei TLC-SSDs üblich, nutzt auch die Triactor einen Pseudo-SLC-Cache, um kleine bis mittelgroße Schreibvorgänge flotter abwickeln zu können.

WD Blue SSD: Klon der Sandisk X400. Western Digital ist seit Ende letzten Jahres mit der WD Blue recht neu auf dem SSD-Markt. Der Konzern kaufte Sandisk, was auch in der WD Blue ersichtlich ist: Sie ist mit einer Sandisk X400 technisch identisch und unterscheidet sich von ihr nur in der Firmware und den Garantiebedingungen. Die WD Blue bietet Western Digital sowohl in 2,5 Zoll als auch im M.2-Format an.

OCZ TR150: Günstiges Modell mit erweiterter Garantie. Auch die TR 150 (ehemals Trion 150) ist eine der günstigeren Modelle, wenn auch nicht unbedingt die hier vorgestellte 240-GByte-Variante. Die Garantie ist zwar wie bei den meisten Modellen nur drei Jahre lang, jedoch mit dem „Advanced Warranty Program" umfangreicher als das Übliche. Mit dem SSD Guru steht außerdem auch hier ein herstellereigenes Wartungsprogramm zur Verfügung.

Adata Premier SP 550: Trotz reichlich Zubehör recht günstig. Die Adata-SSD scheint in der Masse der Mittelklasse unterzugehen. Erwähnenswert ist hier auch wieder die Lizenz von Acronis True Image als Dreingabe beim recht günstigen Preis. In der Leistung fällt sie weder negativ noch positiv auf. Auch sie hat einen Pseudo-SLC-Buffer, über dessen Größe Adata aber leider schweigt. *(mc)*

Bildverarbeitung: Geringe Unterschiede



System: Core i7-4790K @ 4,00 GHz (Stromsparfunktionen aus), Asrock Z97 Extreme 6, 8 GiByte DDR3-2133, Intel RST 13.6 **Bemerkungen:** Manch eine SATA-SSD ist hier schneller als einige PCIe-Modelle.

Sekunden
◀ Besser

SATA SSDs

Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien

	500 GB	750 GB	480 GB	1.000 GB	240 GB	240 GB
Produktinfo/-name	**SSD 850 Evo**	**MX300**	**Triactor**	**WD Blue SSD**	**TR150**	**Premier SP 550**
Modellbezeichnung	MZ7LN500	CT750MX300SSD1	MKNSSDTR480GB	WDS100T1B0A	TRN150-25SAT3-240G	ASP550SS3-240GM-C
Hersteller	Samsung (samsung.com/ssd)	Crucial	Mushkin (poweredbymushkin.com)	Western Digital	OCZ Storage Solutions (de.ocz.com)	Adata (adata.com/de/)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1194263	www.pcgh.de/preis/1435141	www.pcgh.de/preis/1388029	www.pcgh.de/preis/1521438	www.pcgh.de/preis/1384796	www.pcgh.de/preis/1308228
Preis	Ca. € 150,-	Ca. € 240,-	Ca. € 130,-	Ca. € 290,	Ca. € 90,-	Ca. € 90,-
Preis pro GiB	€ 0,32/GiB	€ 0,34/GiB	€ 0,29/GiB	€ 0,31/GiB	€ 0,40/GiB	€ 0,40/GiB
MTBF*/Haltbarkeit	1.500.000 Stunden/150 TB	1.500.000 Stunden/220 TB	2.000.000 Stunden/- TB	1.750.000 Stunden/400 TB	1.500.000 Stunden/60 TB	1.500.000 Stunden/- TB
Firmware Testmuster	EMT01B6Q	M0CR011	O1126A	X4100DW	SAFZ12.2	O0730A
SSD-Controller	Samsung MGX	Marvell 88SS1074	Silicon Motion SM2256	Marvell 88SS1074	Toshiba TC58NC1000GSB (Phison)	Phison PS3110-S10
Flash-Chips	Samsung VNAND (TLC)	Micron 3D-NAND (TLC)	Sandisk (TLC)	Sandisk Toggle 15nm (TLC)	Toshiba Toggle 15 nm NAND (TLC)	Micron 16nm-TLC
DRAM-Cache	512 MiB LPDDR2	1.024 MiB DDR3	512 MiB DDR3L (Nanya)	-	256 MiB DDR3L	256 MiB
Ausstattung (20 %)	**2,72**	**3,05**	**2,96**	**3,04**	**3,12**	**2,77**
Formatierte Kapazität (GiB)	465,76 GiByte	698,64 GiByte	447,13 GiByte	931,51 GiByte	223,57 GiByte	223,57 GiByte
Herstellergarantie	5 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Zubehör/Besonderheiten	SSD-Magician 4.5, Data Migration 2.7, Anleitung	Acronis, Adapter auf 9,5 mm Bauhöhe	-	WD SSD Dashboard	SSD Guru, Toshiba Advanced Warranty Program	Acronis True Image HD (Download)
Eigenschaften (20 %)	**1,64**	**1,60**	**1,61**	**1,73**	**1,65**	**1,60**
Schnittstelle	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s
NAND-Typ	Samsung VNAND (TLC)	Micron 3D-NAND (TLC)	Sandisk (TLC)	Sandisk Toggle 15nm (TLC)	Toshiba Toggle 15 nm NAND (TLC)	Micron 16nm-TLC
Trim-Unterstützung (Garbage Collection)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Bauhöhe	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Leistungsaufnahme Leerlauf/ Lesen/Schreiben	0,1/2,2/2,2 Watt	0,1/2,2/2,4 Watt	0,1/1,8/2,6 Watt	0,1/2,5/3,0 Watt	0,1/2,4/2,8 Watt	0,1/2,1/2,7 Watt
Leistung (60 %)	**1,62**	**2,02**	**2,33**	**2,31**	**2,34**	**2,63**
FAZIT	⊕ Lange Garantie ⊕ Gutes P/L-Verhältnis ⊖ Nicht viel Ausstattung	⊕ Hohe Kapazität ⊕ Gute Software ⊖ Nur 3 Jahre Garantie	⊕ Relativ günstig ⊕ Niedriger Verbrauch ⊖ Kein Zubehör	⊕ Hohe Kapazität ⊕ Gute Haltbarkeit ⊖ Etwas hoher Verbrauch	⊕ Relativ günstig ⊕ Gutes Garantiesystem ⊖ Nicht gerade schnell	⊕ Acronis True Image inklusive ⊖ Niedrige IOPS-Leistung ⊖ Langsam im Kopiertest
	Wertung: 1,85	**Wertung: 2,14**	**Wertung: 2,31**	**Wertung: 2,34**	**Wertung: 2,36**	**Wertung: 2,45**

* (MTBF: Mean Time Between Failure)

ANZEIGE

Werbefrei surfen!

Display- & Videowerbung wird ausgeblendet

Funktioniert auf PCGH.de und PCGH Extreme

Geht neben Desktop-PCs auch auf Smartphones & Tablets

In der ersten Ausbaustufe erlaubt das PCGH-Online-Abo, dass Sie PCGH.de und das Extreme-Forum frei von externen Werbemitteln nutzen können. Das gilt für jegliche Display- und Videowerbung. Das aktive Online-Abo führt zu schnelleren Ladezeiten und auf Mobilgeräten spart es auch Datenvolumen.

Bestehende Print-Abonnenten können kostengünstig per Upgrade (6 Euro im Jahr, Monatspreis: 50 Cent) das Online-Abo hinzubuchen oder gleich die Digitalausgabe hinzubestellen (12 Euro im Jahr, Monatspreis: 1 Euro). Diese beinhaltet neben dem Online-Abo zudem die digitalen Ausgaben als E-Paper-PDF sowie den Zugriff auf die App-Ausgaben **(www.pcgh.de/digital-ausgabe)**. Wer ein Digital-Abo oder ein Kombi-Abo Digital + Print von PC Games Hardware besitzt, bekommt das Online-Abo dazu.

Sie wollen Ihr Printabo auf das Digitalabo umstellen lassen? Kein Problem: Wenden Sie sich dazu bitte einfach an unseren Abo-Dienstleister (Adresse siehe unten).

Weitere Informationen finden Sie unter:
www.pcgh.de/online-abo

Leserservice Computec Media
20080 Hamburg | Tel: +49 (0)911/99399098 | E-Mail: computec@dpv.de
Montag: 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr **Dienstag-Freitag:** 07:30 bis 20:00 Uhr **Samstag:** 09:00 bis 14:00 Uhr

Online Abo werbefrei

CMG Computec Media Group

PC Games Hardware DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

Prozessor-Kühlung

Moderne CPUs sind zwar effizient, aber das führt eher zu mehr Rechenleistung als zu weniger Hitze – CPU-Kühler sollen die entstehende Wärme abführen, dabei aber nicht zu viel Lärm erzeugen.

Energie entsteht nicht und geht auch nicht verloren, sie wird nur umgewandelt – so besagt es der erste Hauptsatz der Thermodynamik. Da Prozessoren weder mechanische noch Strahlungsenergie (zum Beispiel Licht) abgeben und auch keine chemischen Energieträger produzieren, bleibt für die in Form von Strom aufgenommene elektrische Energie also nur ein Ausweg: Sie wird in Wärme umgewandelt. Und damit die CPU nicht überhitzt, muss diese effektiv abgeführt werden.

Kalt – warm – heiß

Für die von Tools wie Core Temp oder Realtemp ausgelesenen Temperaturen der einzelnen Rechenkerne heißt das: Angaben von mehr als 90 bis 95 °C sollte man bei Intel meiden, sonst reduziert die CPU aus Sicherheitsgründen ihren Takt und man verliert nicht nur deutlich an Leistung, sondern reduziert mittelfristig auch die Lebensdauer. Bei AMD liegen die entsprechenden Grenzen tiefer, im Falle der FX-Achtkerner gar bei nur 70 °C, was aber nicht an einer gesteigerten Empfindlichkeit der Prozessoren liegt. Vielmehr sind die Temperatursensoren relativ zu den Haupt-Wärmequellen anders positioniert und auch das Ausleseverfahren sorgt für Abweichungen

Messwerte und die Realität

Aber selbst bei Prozessoren der gleichen Baureihe können sich die angezeigten Temperaturen deutlich unterscheiden, obwohl das Silizium die gleiche tatsächliche Temperatur hat. Die einfachen Messfühler werden nämlich nur für eine Notfall-Abschalttemperatur kalibriert (und selbst diese ist oft nicht exakt bekannt). Bei deutlich niedrigeren Temperaturen, wie sie die meiste Zeit über vorliegen (sollten), können sich Messfehler im zweistelligen Bereich ergeben. Für die reale Kühlung ist das natürlich egal – aber wer bei deutlich abweichenden Angaben im Internet Angst um die eigene CPU bekommt, sollte zunächst einmal das Throttling-Verhalten prüfen.

Hält der Prozessor auch bei starker Belastung auf allen Kernen seinen Basis- respektive All-Core-Turbo-Takt, besteht kein akuter Grund zur Besorgnis. Ergeben sich in Extrem-Tests mit einer aktuellen Prime-95-Version gar Reserven von mehr als 5 Kelvin (entspricht z. B. der Differenz zwischen 95 °C und 90 °C), ist das System sogar mehr als ausreichend für alltägliche Belastungen gekühlt. Austesten kann man die Grenze, ab der die CPU ihren Takt reduziert („thermal throttling“) übrigens, indem man die Lüfterdrehzahl des vorhanden CPU-Kühlers reduziert – im Extremfall auf null. Aufgrund der Schutzmechanismen und des langsamen Temperaturanstieges sind hierbei keine Hitzeschäden zu befürchten.

Kalt oder leise?

Kühlleistung ist immer von der bewegten Luftmenge und damit einer gewissen Lärmentwicklung abhängig. Konfigurierbare Lüftersteuerungen auf nahezu allen

Mainboards ermöglichen glücklicherweise eine nachträgliche Beeinflussung der Balance zwischen beiden Faktoren, sodass man bei einem Kühlerneukauf vor allem auf die Effizienz, also die pro Lärm erbrachte Leistung achten sollte (direkt ablesbar in unserer Vergleichsmessung bei einer Lautheit von 1,0 Sone). Darüber hinaus gibt es aber auch designspezifische Optimierungen, die einen Kühler eher für hohe Drehzahlen (hohe Leistung und Geräuschkulisse) oder langsamen Lüfterbetrieb (Ruhe und etwas wärmer) prädestinieren. So profitieren Hochleistungs-Modelle von engstehenden, den starken Luftstrom optimal nutzenden Lamellen, während Silent-Spezialisten hochwertige Lüfter erfordern, damit keine Vibrationen, Lagergeräusche oder ein fiepender elektrischer Antrieb die Stille stören. Stichwort Silent: Wer ein bestehendes System optimieren möchte, sollte zunächst genau hinhören, welches Bauteil stört. In Spielerechnern sind nämlich oft Grafikkarten die Übeltäter.

Preis, Größe, Bauform

Neben Effizienz und optimalem Drehzahlbereich spielen auch Platzbedarf und Preis eine große Rolle: Für wenig Geld bekommt man weder besonders große Kühler, noch besonders aufwendig und hochwertig konzipierte. Eine ausreichende statt gute Kühlleistung ist oft die Folge. Umgekehrt muss man tief in die Tasche greifen, wenn bei begrenztem Platzangebot eine bestimmte Kühlleistung erreicht werden soll, ohne stumpf Lüfterstärke und damit Lautheit ins Unerträgliche zu steigern.

Insbesondere flache PCs sind hier anspruchsvoll. Normale Tower-Kühler mit parallel zum Mainboard ausgerichteten Lamellen arbeiten zwar recht effizient, sind aber mindestens 2 cm höher als ihr Lüfterdurchmesser. In flachen Gehäusen muss man daher auf Top-Blower ausweichen, deren Lüfter weniger effizient in Richtung Mainboard arbeiten (beachten Sie die Ergebnisse mit für die jeweilige Größenklasse einheitlichem Referenzlüfter).

Test-Besonderheiten

Unsere umfangreiche Datenbank versucht, für alle Anforderungen ein gutes Angebot zu liefern und skizziert dank Messungen bei drei verschiedenen Drehzahlen das Lautheits-Leistungs-Profil jedes Kühlers. Beachten Sie aber: Um alle Kühler einheitlich testen zu können, müssen sich auch die günstigeren Modelle einer 150-W-Test-CPU stellen. Hohe Temperaturen sind hier unvermeidbar und keine Schande. In typischen Mittelklasse-PCs ist wesentlich weniger Hitze zu bewältigen und die Abstände zwischen den Kühlern schrumpfen. Das bedeutet nicht zwingend auch deutlich niedrigere Absoluttemperaturen, denn Intels Sockel-1151-Modelle weisen einen wesentlich schlechteren Wärmetransport innerhalb des Prozessors selbst auf als die High-End-Testplattform. Davon sind aber alle Kühler gleichermaßen betroffen, sodass die Rangfolge erhalten bleibt – wie eingangs erwähnt sind CPU-Temperaturen ohnehin nicht 1:1 auf andere Exemplare übertragbar.

Die Luxusklasse: Noctua NH-D15, EKL Olymp, Thermalright Grand Macho. Noctuas NH-D15 gilt seit Langem als bester CPU-Kühler. Hier treffen gute Verarbeitung und Handhabung auf Lüfter, die ihresgleichen suchen. Ein extrem breites Drehzahlspektrum sowie unhörbar leise Lager und Antriebe (die wir so noch keinem anderen Hersteller bescheinigten) ermöglichen sowohl unschlagbare Spitzenleistung als auch Ultra-Silent Betrieb. Zwar sind einige Spezialisten in abgegrenzten Lautheitsbereichen effizienter als Noctuas einfach aufgebauter Riesenkühler, aber insgesamt liegt der NH-D15 klar vorne.

Dies gilt aber auch für Noctuas Preis (85 Euro), sodass der interessantere Doppel-Turmkühler oft EKLs 25 Euro günstigeres Gegenstück ist. Auch haptisch und optisch hat der glänzend vernickelte und farblich stimmig gestaltete Alpenföhn Olymp die Nase vorn, da sind die 2 K höheren, für 2×-140-mm-Verhältnisse etwas schwachen Temperaturen verschmerzbar.

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien

Produkt	NH-D15	Mugen 5	Fuma	Olymp	Le Grand Macho RT
Hersteller	Noctua (www.noctua.at)	Scythe (www.scythe-eu.com)	Scythe (www.scythe-eu.com)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)	Thermalright (www.thermalright.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 85,-/ausreichend	Ca. € 45,-/gut	Ca. € 40,-/gut	Ca. € 60,-/befriedigend	Ca. € 60,-/befriedigend
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1098241	www.pcgh.de/preis/1549393	www.pcgh.de/preis/1339886	www.pcgh.de/preis/1386052	www.pcgh.de/preis/1442034
Ausstattung (20%)	**1,75**	**1,89**	**1,69**	**1,96**	**2,25**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	2× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja	1× 120 mm/4 pin/ja	2× 120 mm/4 pin/nein	2× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/nein	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja
Montierbare Lüfter*	2× 120 mm	2× 120 mm	3× 120 mm	3× 120 mm	2× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max.(PWM)	170 – 1.470 U/min	330 – 1.160 U/min	160 – 1.370 U/min	320 – 1.350 U/min	330 – 1.290 U/min
Ausführung Boden	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze Noctua NT-H1/Kabel-Adapter/einfacher Schraubendreher, Y-Kabel	Spritze/keine/Schraubendreher	Spritze/keine/keine	Spritze Permafrost/Molex-Adapter 7 V/Molex-Adapter 12 V	Spritze Chill Factor III/keine/hochwertiger Schraubendreher
Eigenschaften (20%)	**2,84**	**1,95**	**2,21**	**2,46**	**2,64**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34
Sockelunterstützung Intel	1150/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	151 × 175 × 162 mm; 1.312 g	138 × 150 × 109 mm; 890 g	138 × 149 × 131 mm; 923 g	155 × 161 × 151 mm; 1.187 g	150 × 162 × 148 mm; 1.110 g
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Gering/gering/gering	Gering/gering/gering	Mittel/mittel/gering	Mittel/mittel/gering	Mittel/mittel/mittel
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**1,94**	**2,23**	**2,25**	**2,16**	**2,03**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	48,1/49,9/54,5 °C	52,1/53,6/59,4 °C	48,5/50,8/56,2 °C	50,8/53,5/61,5 °C	50,1/52,8/59,1 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	3,0/1,2/0,2 Sone	0,9/0,3/0,1 Sone	2,9/1,3/0,4 Sone	2,0/0,9/0,1 Sone	0,9/0,3/0,1 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	39,7/30,0/19,8 dB(A)	28,6/21,9/17,2 dB(A)	38,5/30,5/21,0 dB(A)	34,8/27,2/18,4 dB(A)	29,7/21,5/16,6 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	50,8 °C (1.020 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,9 Sone)	52,0 °C (900 U/min)	52,8 °C (1.020 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,9 Sone)
CPU-Temp., Referenzlüft. (100/75/50 %)	50,2/53,1/63,9 °C (2× 140 mm)	53,1/56,4/64,7 °C (1× 120 mm)	50,3/51,8/59,5 °C (2× 140 mm)	51,3/54,4/64,5 °C (2× 140 mm)	52,4/56,3/66,4 °C (1× 140 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	0,9/0,3/0,1 Sone (2× 140 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,7/0,6/0,1 Sone (2× 140 mm)	0,9/0,3/0,1 Sone (2× 140 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	27,4/21,1/17,2 dB(A) (2× 140 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2× 140 mm)	27,4/21,1/17,2 dB(A) (2× 140 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)
FAZIT	⊕ Hochwertige Lüfter ⊕ Sehr hohe Kühlleistung ⊕ Auch bei niedriger Lautheit	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Leise ⊕ Normaler Platzbedarf	⊕ Sehr weiter Regelbereich ⊕ Günstig ⊖ Lüfterklammern sehr störrisch	⊕ Hochwertige Verarbeitung ⊕ Gute Drehzahlabstimmung ⊖ Platzbedarf hoch	⊕ Hohe Kühlleistung ... ⊕ ... unabhängig von der Drehzahl ⊕ Leise
	Wertung: **2,08**	Wertung: **2,11**	Wertung: **2,13**	Wertung: **2,18**	Wertung: **2,19**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich
**Der Shadow Rock LP ist nicht für den Betrieb mit unserer 150-W-Test-CPU zugelassen

Auch Thermalrights Le Grand Macho RT kühlt „nur“ gut, dabei verzichtet er für ebenfalls 60 Euro sowohl auf einen zweiten Lüfter als auch auf Vollvernickelung – und nimmt trotz Single-Tower-Bauweise sehr viel Platz in Anspruch. Anlass dieser Kritik auf sehr hohem Niveau ist die Glanzseite des Grand Macho: Kühlkörper und Lüfter sind konsequent auf minimale Lautstärke optimiert. So ist mangels Lautheit nicht einmal die Teilnahme an unserer 1,0-Sone-Messung möglich – die Temperaturen bei 0,9 Sone sind aber bereits leicht besser als die des NH-D15 bei 1,0 Sone.

Die Oberklasse: Thermalright Macho & True Spirit Direct, Scythe Mugen 5. Zwischen die Monsterkühler von EKL, Noctua und Thermalright schiebt sich in unserer Gesamtwertung Scythes Mugen 5. Die CPU-Temperatur fällt mit diesem 120-mm-Design zwar ein paar Kelvin höher aus und leise Lagergeräusche verhindern den Ultra-Silent-Einsatz, aber gemessen am Platzverbrauch ist die Kühlleistung sehr ansehnlich und auch der Preis fällt eine Nummer kleiner aus.

Mit 44 Euro ähnlich teuer, aber als 140-mm-Kühler deutlich größer ist Thermalrights Macho Rev. B, den wir allerdings nur der Vollständigkeit halber für Leute mit Ansprüchen an die Optik erwähnen, denn quasi die gleiche Kühlleistung und die gleiche Handhabung bekommt man noch einmal vier Euro günstiger als beim Macho Direct. Wie bereits beim Le Grand Macho RT liegt auch der Fokus auf einer hohen Effizienz bei sehr niedrigen Drehzahlen – mit 52,1 °C bei 1,0 Sone hält aber auch die Spitzenleistung des Macho mit dem Mugen 5 mit.

In die gleiche Kerbe schlägt der True Spirit 140 Direct, der sich vom Macho durch den deutlich schlankeren, enger bepackten Lamellenturm unterscheidet. Dieser bietet bei maximal 0,8 Sone sogar eine leicht höhere Kühlleistung und fällt erst im Ultra-Silent-Betrieb hinter die Machos zurück. Für nur 35 Euro ist das Preis-Leistungs-Verhältnis dennoch sehr gut.

Die Mittelklasse: EKL Brocken Eco, Arctic Freezer i32, Be Quiet Pure Rock. Wer noch ein paar Euro sparen möchte oder schlicht nicht den Platz für einen 140-mm-Kühler hat, wird im 30-Euro-Preisbereich fündig. EKLs Brocken Eco für 31 Euro fällt in unseren Messungen lautheitsbereinigt 4 K gegenüber der Oberklasse zurück. Der „nur“ leise, aber nicht ausschließlich auf den Silent-Bereich optimierte Lüfter kann bei Bedarf aber auch etwas stärker zu Werke gehen und halbiert dann den Rückstand zu Ungunsten der Geräuschentwicklung.

Arctics Freezer i32 bleibt allgemein leiser, liefert dank eines effizienteren Kühlkörpers aber nur wenig höhere Temperaturen ab. Abzüge erhält er für die Sockelunterstützung (AMD-Nutzer müssen alternativ den „A32“ kaufen) und die PWM-Regelbarkeit. Zum einen erzeugt der Arctic-Lüfter an unserer zugegebenermaßen problematischen Zalman-Test-Lüftersteuerung ein störendes Fiepen. Dieses Symptom (in geringerem Maße auch beim Thermalright Macho Direct zu beobachten) entfällt aber an den meisten Mainboards. Ärgerlicher ist die extrem steile PWM-Regelkurve. Bis 38 Prozent PWM-Vorgabe steht der Lüfter und wohlige Stille breitet sich aus. Zwischen 38 und 50 Prozent Vorgabe steigt die Drehzahl aber von 500 auf 1.000 U/min rapide an – ein unauffälliger Teillastbetrieb ist so an vielen Mainboards unmöglich und wir müssen zur analogen Regelung raten. Das Preis-Leistungs-Verhältnis bleibt aber auch so vorbildlich.

Einen Tick teurer ist Be Quiets Pure Rock, dessen Effizienz knapp unter der des Brocken Eco liegt. Dafür bietet Be Quiet einen etwas weiteren Regelbereich, ein ansprechendes Top-Cover und eine vernickelte Bodenplatte – wichtig beim Einsatz einiger High-End-Wäremleitpasten.

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien

Produkt	Macho Rev. B	Macho Direct	Dark Rock Pro 3	True Spirit 140 Direct	Brocken 2
Hersteller	Thermalright (www.thermalright.de)	Thermalright (www.thermalright.de)	Be Quiet (www.bequiet.de)	Thermalright (www.thermalright.de)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 44,-/gut	Ca. € 40,-/gut	Ca. € 75,-/befriedigend	Ca. € 35,-/gut	Ca. € 39,-/gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1193857	www.pcgh.de/preis/1372274	www.pcgh.de/preis/1054341	www.pcgh.de/preis/1529573	www.pcgh.de/preis/912549
Ausstattung (20%)	**2,31**	**2,97**	**2,11**	**2,97**	**2,91**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin (PWM-Nutzung problematisch)/ja	1× 135 mm, 1× 120 mm/4 pin/ja	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja
Montierbare Lüfter*	1× 120 mm	2× 120 mm	1× 120 mm, 2× 120 mm Be quiet Spezialrahmen	2× 120 mm	2× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max.(PWM)	280 – 1290 U/min	270 – 1.230 U/min	710 – 1.740 U/min	270 – 1.230 U/min	340 – 1.150 U/min
Ausführung Boden	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Heatpipe Direct Touch (HDT)
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Tütchen/keine/hochwertiger Schraubendreher	Tütchen/keine/hochwertiger Schraubendreher	Spritze/keine/Y-Kabel (in 120-mm-Lüfter integriert)	Tütchen Chill Factor/keine/keine	Spritze/keine/keine
Eigenschaften (20%)	**2,59**	**2,65**	**3,37**	**2,34**	**2,1**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/939/754	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	142 × 173 × 129 mm; 877 g	152 × 162 × 128 mm; 823 g	141 × 164 × 150 mm; 1244 g	152 × 165 × 71 mm; 660 g	153 × 173 × 98 mm; 840 g
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Mittel/mittel/mittel	Mittel/mittel/mittel	Hoch/hoch/hoch	Mittel/mittel/mittel	Mittel/mittel/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/ja	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**2,06**	**1,84**	**1,99**	**2,06**	**2,3**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	51,2/54,7/62,9 °C	52,1/54,8/61,3 °C	50,3/52,1/55,6 °C	50,8/54,2/60,7 °C	53,8/57,7/64,6 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	1,2/0,5/0,2 Sone	1,0/0,3/0,1 Sone	2,1/0,9/0,3 Sone	0,8/0,2/0,1 Sone	0,8/0,2/0,1 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	31,2/23,3/20,5 dB(A)	28,5/20,9/17,5 dB(A)	35,0/26,5/20,5 dB(A)	27,5/20,9/18,1 dB(A)	26,5/20,0/18,4 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	52,2 °C (1.190 U/min)	52,1 °C (1.190 U/min)	51,6 °C (1.340 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,8 Sone)	Nicht möglich (maximal 0,8 Sone)
CPU-Temp., Referenzlüft. (100/75/50 %)	53,6/57,7/68,6 °C (1 × 140 mm)	53,2/56,1/65,7 °C (1× 140 mm)	50,9/53,1/59,8 °C (2× 120 mm)	52,6/56,2/65,8 °C (1× 140 mm)	51,7/55,4/67,0 °C (1× 140 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	0,6/0,2/0,1 Sone (1 × 140 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	1,7/,3/,1 Sone (2× 120 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1 × 140 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2× 120 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)
FAZIT	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Weiter Regelbereich ⊖ PWM-Störgeräusche	⊕ Leise ⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Relativ günstig	⊕ Ausstattung ⊕ Gedrosselt wenig Leistungsverlust ⊖ Umständliche Montage	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Sehr leise ⊕ Günstig	⊕ Relativ günstig ⊕ Sehr leise ⊖ Kühlleistung mittelmäßig
	Wertung: **2,22**	Wertung: **2,23**	Wertung: **2,29**	Wertung: **2,30**	Wertung: **2,38**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich
**Der Shadow Rock LP ist nicht für den Betrieb mit unserer 150-W-Test-CPU zugelassen

Die Zwergenklasse: Thermaltake Frio Silent 12, EKL Atlas und Ben Nevis. In wirklich kompakten Systemen wird es selbst für einen Brocken Eco zu eng. Noch einmal einen Zentimter flacher ist Thermaltakes Frio Silent 12 – und im Schnitt kein bisschen schwächer. Zwar verliert der Frio bei niedrigen Drehzahlen deutlich an Leistung, dafür ist er oberhalb von circa 0,8 Sone dem Brocken Eco klar überlegen. Für die volle 120-mm-Leistung im Taschenformat verlangt Thermaltake allerdings fünf Euro Aufpreis (36 Euro).

Genauso hoch, aber deutlich günstiger ist der EKL Ben Nevis. Dass die geringe Größe hier eher auf Spar- denn auf Optimierungsaufwand zurückgeht, merkt man aber auch bei der Leistung. Mit 63 °C bei 1,0 Sone (bezogen auf 20 °C Umgebungstemperatur) ist der Ben Nevis zwar noch ausreichend, aber doch der schwächste der von uns empfohlenen Kühler. In einem schlecht belüfteten Gehäuse und bei sommerlichen Temperaturen würden High-End-Prozessoren hier bis an die Grenzen der Leistungsreserven vorstoßen – mit 22 Euro visiert der Ben Nevis aber auch eine ganz andere Zielgruppe an.

Leistungsmäßig zwischen den beiden Kühlern platziert und mit einer sehr hochwertigen Optik versehen, stellt der EKL Atlas den kleinen Bruder des EKL Olymp dar. Und klein ist hier, trotz des Doppel-Turm-Layouts, wörtlich zu nehmen: Mit gerade einmal 124 mm Gesamthöhe wildert der 2×92-mm-Kühler erfolgreich im Feld der Top-Down-Kühler. Letztere sind nominell zwar meist noch flacher, benötigen aber zusätzlich ein paar Zentimeter Abstand zur Gehäusewand, um Luft anzusaugen, während der Atlas diese effektiv horizontal bewegt. So muss er sich erst deutlich flacheren Kühlern beim Platzverbrauch geschlagen geben, die dann im Gegenzug spürbar schwächer kühlen – und auch nicht zwingend günstiger sind als EKLs Angebot für knapp 40 Euro.

Brocken 2 PCGH-Edition

Gutes noch besser machen – unter diesem Motto kooperiert PCGH regelmäßig mit verschiedenen Hardware-Herstellern. Im Falle des EKL Brocken 2 verfügt die Sonder-Edition über eine teilweise vormontierte Halterung und über zwei Lüfter mit maximal 700 U/min anstelle des einzelnen 1.200-U/min-Exemplars der Basis-Variante. Auf eine Präsentation von PCGH-Produkten als reguläre Testteilnehmer verzichten wir aus Seriositätsgründen prinzipiell, aber so viel sei gesagt: Die maximale Lautheit oder besser „Leisheit" des Brocken 2 PCGH sucht mit 0,1 Sone ihresgleichen (Serie: maximal 0,8), während die im Vergleich zum Serienmodell gesunkene Kühlleistung für normale Nutzungsszenarien weiterhin mehr als angemessen ist.

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle
mit 62 Wertungskriterien

Produkt	NH-D15S	Brocken Eco	Freezer i32	Pure Rock	Hyper 412S
Hersteller	Noctua (www.noctua.at)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)	Arctic (www.arctic.ac)	Be Quiet (www.bequiet.de)	Cooler Master (www.coolermaster.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 75,-/ausreichend	Ca. € 31,-/gut	Ca. € 28,-/sehr gut	Ca. € 30,-/gut	Ca. € 40,-/gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1271076	www.pcgh.de/preis/1081623	www.pcgh.de/preis/1325324	www.pcgh.de/preis/1184606	www.pcgh.de/preis/697260
Ausstattung (20%)	**2,22**	**2,64**	**2,84**	**2,58**	**2,61**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja	1× 120 mm/4 pin/ja	1× 120 mm/4 pin (Y-Kabel integriert, PWM-Nutzung problematisch)/ja	1× 120 mm/4 pin/nein	1× 120 mm/3 pin/ja
Montierbare Lüfter*	2× 120 mm	2× 120 mm	2× 120 mm	1× 120 mm	2× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max.(PWM)	170 – 1.470 U/min	474 – 1480 U/min	500 – 1.320 U/min	320 – 1.500 U/min	410 – 1.270 U/min
Ausführung Boden	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt	HDT, vernickelt
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze NT-H1/Spannungsadapter/einfacher Schraubendreher	Spritze/Kabel-Adapter/keine	Tütchen (MX-4)/keine/keine	Paste voraufgetragen/keine/keine	Spritze/900-U/min-Adapter/keine
Eigenschaften (20%)	**2,46**	**1,96**	**2,58**	**2,01**	**1,95**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	–	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	149 × 163 × 134 mm; 1.153 g	131 × 151 × 88 mm; 612 g	124 × 150 × 74 mm; 659 g	130 × 155 × 89 mm; 630 g	132 × 162 × 97 mm; 580 g
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Gering/gering/gering	Mittel/mittel/gering	–/mittel/gering	Minimal/mittel/gering	Mittel/mittel/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein	–/ja/nein	Nein/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	–/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**2,67**	**2,72**	**2,46**	**2,84**	**2,85**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	50,3/53,2/60,3 °C	53,7/57,4/64,2 °C	53,0/58,3/67,3 °C	55,5/58,1/68,0 °C	56,7/59,1/67,2 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	2,3/1,0/0,3 Sone	1,4/0,5/0,1 Sone	1,0/0,4/0,2 Sone	1,5/0,5/0,1 Sone	0,8/0,3/0,1 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	37,2/28,2/19,6 dB(A)	31,1/23,7/17,5 dB(A)	28,1/21,2/17,0 dB(A)	33,7/24,2/16,5 dB(A)	26,4/19,9/17,0 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	53,2 °C (1.080 U/min)	55,9 °C (1.240 U/min)	53 °C (1.270 U/min)	56,2 °C (1.370 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,8 Sone)
CPU-Temp., Referenzlüft. (100/75/50 %)	55,9/61,9/76,1 °C (1× 140 mm)	56,1/59,4/68,2 °C (1 × 120 mm)	55,5/59,3/69,0 °C (1× 120 mm)	55,5/58,5/67,0 °C (1× 120 mm)	55,9/58,6/67,5 °C (1× 120 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1 × 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	28,5/21,1/17 dB(A) (1 × 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)
FAZIT	⊕ Hochwertiger Lüfter ⊖ Platzbedarf hoch ⊖ Teuer	⊕ Relativ kompakt ⊕ Günstig ⊖ Mittlere Kühlleistung	⊕ Sehr günstig ⊕ Relativ kompakt ⊕ Leise	⊕ Günstig ⊕ Relativ leise ⊖ Minimalistischer Lieferumfang	⊕ Sehr leise ⊖ Etwas teuer ⊖ Kühlleistung mittelmäßig
	Wertung: **2,54**	Wertung: **2,55**	Wertung: **2,56**	Wertung: **2,62**	Wertung: **2,62**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich
**Der Shadow Rock LP ist nicht für den Betrieb mit unserer 150-W-Test-CPU zugelassen

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien

Produkt	ETS-50 Axe	Frio Silent 12	Shadow Rock Slim	NH-C14S	ETS-T40F-RF
Hersteller	Enermax (www.enermax.de)	Thermaltake (www.thermaltake.com)	Be Quiet (www.bequiet.de)	Noctua (www.noctua.at)	Enermax (www.enermax.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 55,-/befriedigend	Ca. € 36,-/gut	Ca. € 37,-/gut	Ca. € 75,-/ausreichend	Ca. € 35,-/gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1491128	www.pcgh.de/preis/1158734	www.pcgh.de/preis/1054903	www.pcgh.de/preis/1271077	www.pcgh.de/preis/1312836
Ausstattung (20%)	**2,61**	**3,00**	**2,52**	**1,92**	**2,94**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	1× 120 mm/4 pin/ja	1× 120 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/nein	1× 135 mm/4 pin/ja	1× 140 mm/4 pin/ja	1× 140 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja
Montierbare Lüfter*	2× 120 mm	1× 92 mm Lochabstand (zu groß für 92 mm Lüfter, zu klein für 120 mm)	1× 120 mm, 1× 120 mm Be quiet Spezialrahmen	2× 140 mm	2× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max.(PWM)	820 – 1.840 U/min	480 – 1.350 U/min	360 – 1.410 U/min	180 – 1.440 U/min	410 – 1.240 U/min
Ausführung Boden	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt	Bodenplatte Kupfer vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze/keine/Beleuchtung Lüfter rot, grün, blau, weiß, vierfarbig oder aus	Spritze/Spannungsadapter/keine	Spritze/keine/keine	Spritze (NT-H1)/Steckeradapter/Einfacher Schraubendreher	Spritze/keine/keine
Eigenschaften (20%)	**2,16**	**2,17**	**2,92**	**2,57**	**1,84**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/939/754	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	139 × 161 × 112 mm; 910 g	128 × 141 × 67 mm; 330 g	141 × 159 × 73 mm; 702 g	146 × 142 × 164 mm; 1.013 g	140 × 163 × 67 mm; 593 g
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Mittel/mittel/mittel	Mittel/mittel/mittel	Hoch/hoch/hoch	Gering/gering/gering	Mittel/mittel/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/ja	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**2,87**	**2,74**	**2,67**	**3,48**	**3,63**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	49,5/52,4/62,3 °C	53,8/58,6/70,4 °C	53,5/57,1/64,3 °C	53,2/55,7/62,3 °C	57,0/60,6/68,2 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	3,3/1,3/0,4 Sone	1,1/0,4/0,1 Sone	1,6/0,5/0,1 Sone	3,1/1,4/0,3 Sone	2,2/0,9/0,2 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	39,9/31,8/22,2 dB(A)	30,0/23,2/17,5 dB(A)	32,5/23,9/17,5 dB(A)	39,1/31,4/20,0 dB(A)	35,7/27,3/19,0 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	55,3 °C (1.190 U/min)	54,7 °C (1.310 U/min)	54,8 °C (1.220 U/min)	57,3 °C (980 U/min)	59,7 °C (900 U/min)
CPU-Temp., Referenzlüft. (100/75/50 %)	52,3/56,5/65,5 °C (1× 120 mm)	56,3/59,7/69,9 °C (1× 120 mm)	55,6/59,7/74,7 °C (1× 140 mm)	57,6/62,2/77,5 °C (1× 140 mm)	58,1/62,2/74,9 °C (1× 140 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)
FAZIT	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Beleuchtet ⊖ Laut	⊕ Kompakt, bietet trotzdem ... ⊕ ... gutes Lauth.-Leistungs-Verh. ⊖ Proprietäres Lüfterformat	⊕ Schlank ⊕ Relativ leise ⊖ Kühlleistung mittelmäßig	⊕ Sehr weiter Regelbereich ⊕ Hochwertiger Lüfter ⊖ Teuer und relativ hoch	⊕ Leistung bei niedrigen U/min ⊕ Schlank ⊖ Leichte Nebengeräusche
	Wertung: **2,67**	Wertung: **2,68**	Wertung: **2,69**	Wertung: **2,98**	Wertung: **3,13**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich
**Der Shadow Rock LP ist nicht für den Betrieb mit unserer 150-W-Test-CPU zugelassen

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien

Produkt	Hyper 212X	Atlas	NH-U9S	Ben Nevis	C1
Hersteller	Cooler Master (www.coolermaster.com)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)	Noctua (www.noctua.at)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)	Cryorig (www.cryorig.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 32,-/gut	Ca. € 39,-/befriedigend	Ca. € 55,-/ausreichend	Ca. € 22,-/gut	Ca. € 65,-/mangelhaft
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1295913	www.pcgh.de/preis/1302535	www.pcgh.de/preis/1196609	www.pcgh.de/preis/1211188	www.pcgh.de/preis/1139642
Ausstattung (20%)	**2,82**	**1,84**	**2,22**	**3,12**	**2,25**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	1× 120 mm/4 pin/ja	2× 92 mm (abweichende Rahmenform)/4 pin/ja	1× 92 mm/4 pin/ja	1× ca. 100 mm (Rahmen rückseitig 92 mm)/4 pin/ja	1× 140 mm (slim)/4 pin/ja
Montierbare Lüfter*	2× 120 mm	2× 80 mm	2× 92 mm	1× 92 mm	1× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max.(PWM)	600 – 1.620 U/min	350 – 1.770 U/min	200 – 2.150 U/min	820 – 1.700 U/min	730 – 1.520 U/min
Ausführung Boden	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze/keine/keine	Spritze/Molex-Adapter 7 V/Molex-Adapter 12 V	Spritze NT-H1/Spannungsadapter/einfacher Schraubendreher	Tütchen/keine/keine	Spritze/keine/einfacher Schraubendreher
Eigenschaften (20%)	**1,76**	**2,10**	**2,02**	**1,66**	**2,14**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/G34	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1155/1156/2011/2011-v3	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	120 × 160 × 80 mm; 605 g	108 × 124 × 138 mm; 643 g	96 × 126 × 95 mm; 610 g	118 × 141 × 71 mm; 490 g	140 × 74 × 146 mm; 650 g
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Mittel/mittel/gering	Mittel/mittel/gering	Gering/gering/gering	Minimal/gering/minimal	Mittel/gering/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**3,75**	**4,39**	**4,75**	**4,75**	**4,94**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	55,2/58,9/70,5 °C	60,0/66,4/83,7 °C	58,1/64,8/75,6 °C	61,0/65,2/75,4 °C	58,7/62,5/73,3 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	2,2/1,0/0,4 Sone	1,5/0,5/0,2 Sone	2,5/0,8/0,1 Sone	2,1/0,6/0,1 Sone	3,4/1,5/0,5 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	34,8/27,8/21,4 dB(A)	31,8/22,5/18,8 dB(A)	37,3/27,5/18,8 dB(A)	35,1/25,6/17,9 dB(A)	40,2/31,3/21,4 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	58,9 °C (1.200 U/min)	61 °C (1.500 U/min)	62,6 °C (1.680 U/min)	63 °C (1.420 U/min)	64,8 °C (960 U/min)
CPU-Temp., Referenzlüft. (100/75/50 %)	58,6/63,0/75,1 °C (1× 120 mm)	59,1/64,8/76,7 °C (2× 92 mm)	64,8/73,3/86,1 °C (1× 92 mm)	66,5/73,1/85,8 °C (1× 92 mm)	60,5/66,1/82,4 °C (1× 140 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,5/0,6/0,2 Sone (2× 92 mm)	0,7/0,2/0,1 Sone (1× 92 mm)	0,7/0,2/0,1 Sone (1× 92 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	32,0/23,5/17,9 dB(A) (2× 92 mm)	25,5/19,7/17,0 dB(A) (1× 92 mm)	25,5/19,7/17,0 dB(A) (1× 92 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)
FAZIT	⊕ Relativ günstig ⊕ Durchdachte Montage ⊖ Für 120-mm-Modell hoch	⊕ Niedrige Bauhöhe ⊕ Hochwertige Optik ⊖ Nur ausreichende Leistung	⊕ Sehr kompakt ⊖ Gedrosselt sehr wenig Leistung ⊖ Teuer	⊕ Sehr kompakt ⊕ Sehr günstig ⊖ Kühlleistung begrenzt	⊕ Geringe Bauhöhe ⊕ Angemessene Leistung ⊖ Relativ laut
	Wertung: **3,17**	Wertung: **3,42**	Wertung: **3,70**	Wertung: **3,80**	Wertung: **3,84**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich
**Der Shadow Rock LP ist nicht für den Betrieb mit unserer 150-W-Test-CPU zugelassen

(Kompakt-)Wasserkühler

Größe und Kühlleistung von Luftkühlern sind durch den ATX-Standard respektive das Platzangebot im CPU-Umfeld auf den Querschnitt eines 14-cm-Lüfters begrenzt (oder weniger, siehe Seite 34); mehr gibt es nur mit einer Wasserkühlung. Mittels flexibler Schläuche und pumpengetriebenem Kreislauf transportiert diese die vom Wasser aufgenommene Wärme über große Strecken und gibt sie dort an die Umgebungsluft ab, wo im oder neben dem Gehäuse Platz für einen beliebig großen Radiator zur Verfügung steht.

Die Königsklasse sind individuell zusammengestellte, modulare Wasserkühlungen, die optional auch Grafikkarten leiser und besser kühlen, als dies mit Luftkühlern je möglich wäre. Außerdem lässt sich hier die Pumpe, prinzipiell eine zusätzliche Geräuschquelle, gut entkoppeln, sodass modulare Wasserkühlungen die ultimative Kühllösung für extrem leise Spiele-Rechner sind. Auf der Kehrseite der Medaille stehen aber einmalige Anschaffungskosten ab 200 Euro (Grafikkarte: +100 Euro) und der Planungsaufwand für mehrere Komponenten, weswegen wir an dieser Stelle auf das digitale PCGH-Sonderheft „Wasserkühlung" verweisen (www.pcgh.de/wakue). Günstiger und in ihrer Handhabung Luftkühlern ähnlich sind Kompaktwasserkühlungen, die vormontiert geliefert werden und die Pumpe meist in den CPU-Kühler integrieren. Mit einem 2×120-mm-Radiator erschließen sich auch hier neue Leistungsregionen, kleinere Modelle sind für Mini-PCs mit großer Platznot interessant.

Alphacool Eisbaer 240: Erweiterbare KoWaKü mit Silent-Potenzial. Zwei Nachteile haben Kompaktwasserkühlungen (auch All in One, AiO genannt): Sie geben Pumpenvibrationen ungedämmt an das Mainboard weiter und sie sind nicht erweiterbar. Letztere Einschränkung entfällt bei Alphacools Eisbaer, die nicht nur genormte G1/4-Zoll-Anschlüsse und 11/8-mm-Schläuche aus dem Sortiment für modulare Wasserkühlungen nutzt, sondern auch über eine Schnelltrennkupplung verfügt. Als Zubehör bietet Alphacool vorgefüllte Radiatoren und GPU-Kühler mit passenden Gegenstücken an, sodass auch Anfänger leicht einen komplexen Kreislauf aufbauen können. Zweites Highlight ist die integrierte, laufruhige Pumpe. Gedrosselt auf 7 V (0,6 K höhere Temperaturen) unterschreitet sie als einzige bislang gemessene Pumpe auch mit Mainboard-Resonanzen die 0,1-Sone-Grenze (12 V: 0,4 Sone). Die lauten, ineffizienten Serienlüfter sollte man aber austauschen (z. B. Noctua NF-F12 PWM oder Noiseblocker B12-PS; jeweils 2× 18 Euro).

Das wird eng: Der beidseitig mit Lüftern bestücke Radiator der Liquid Freezer 240 ist knapp 9 cm dick und kollidiert in einigen Gehäusen mit Mainboard-Bauteilen.

Arctic Liquid Freezer 240: Hohe Leistung, kleiner Preis. Mit 0,2 Sone Pumpen-Grundlautheit (0,4 Sone oder mehr mit Mainboard-Resonanz) ist Arctics Liquid Freezer 240 nicht Ultra-Silent-tauglich, außerdem lassen sich die Lüfter über PWM nur begrenzt herunterregeln (940 U/min) und geben an unserer kritischen ZM-MFC-3-Lüftersteuerung PWM-Geräusche von sich (1,6 statt 1,0 Sone bei 75 Prozent!). Analog über die Spannung geregelt erhält man aber eine unschlagbar hohe Kühlleistung auch bei leisen Drehzahlen – und das zum Preis eines 2×140-mm-Luftkühlers, der klar lauter oder schwächer wäre. *(tv)*

Zwei Pumpen, 3×120-mm-Radiator, sechs Lüfter: Bei externen Komplettsets (hier: Alphacool Eiswand) sind alle Teile einer modularen Wasserkühlung außer der eigentlichen Kühlkörper vormontiert.

CPU-KOMPAKT-WASSERKÜHLUNGEN

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien

Produkt	Alphacool Eisbaer 240 (www.alphacool.de)	Arctic Liquid Freezer 240 (www.arctic.ac)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 120,-/gut	Ca. € 70,-/sehr gut
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/758311939	www.pcgh.de/preis/1341649
Ausstattung (20%)	**1,44**	**2,57**
Enthaltene Lüfter (Drehzahl)/Anschluss	2× 120 mm (740 – 1.700 U/min)/4 Pin	4× 120 mm (640 – 1.320 U/min)/4 Pin (PWM-Nutz. problemat.)
Montierbare Lüfter	2× 120 mm vorne oder hinten	je 2× 120 mm vorne und hinten
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze (Alphacool XPX Extreme)/keine/Y-Kabel	Tütchen MX-4/keine/Y-Verteiler (in Lüfter integriert); Kabelbinder
Erweiterbarkeit	Sehr gut (G1/4-Zoll; 11/8; integrierter AGB; Schnellt.-kupplung)	Keine
Eigenschaften (20%)	**2,41**	**2,63**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/939/754	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1155/1156/2011/2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/2011-v3
Maße, Gewicht*; Schlauchlänge	274 × 124 × 55 mm, 1493 g; 33 cm	273 × 120 × 88 mm, 1267 g; 32 cm
Montageaufwand (AMD/115X/2011)	Mittel/mittel/mittel	Gering/gering/mittel
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Möglich/möglich/möglich	Ja/ja/ja
Leistung (60%)	**1,31**	**1,23**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	47,2/49,0/52,2 °C	45,3/47,4/51,4 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	3,9/1,9/0,6 Sone (zusätzlich Pumpe: 0,1 Sone)	2,5/1,0/,2 Sone (zusätzlich Pumpe: 0,2 Sone)
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	41,6/34,2/25,6 dB(A)	37,2/28,4/19,9 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	50,7 °C (1.020 U/min; zusätzlich Pumpe: 0,1 Sone)	47,4 °C (970 U/min; zusätzlich Pumpe: 0,2 Sone)
CPU-Temp., Referenzlüfter (100/75/50 %)	49,4/51,2/56,0 °C	47,9/50,5/56,7 °C
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm; zusätzlich Pumpe: 0,1 Sone)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm; zusätzlich Pumpe: 0,2 Sone)
Schalldruck Referenzlüfter (100/75/50 %)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)
FAZIT	⊕ Leistung mit Silent-Lüftern ⊕ Leise, gedrosselt sehr leise Pumpe ⊕ Erweiterbar	⊕ Relativ leise ⊕ Leistungsstark ⊖ PWM-Störgeräusche
	Wertung: **1,56**	Wertung: **1,78**

*Radiator Länge × Breite × Dicke, inklusive Serienlüfter

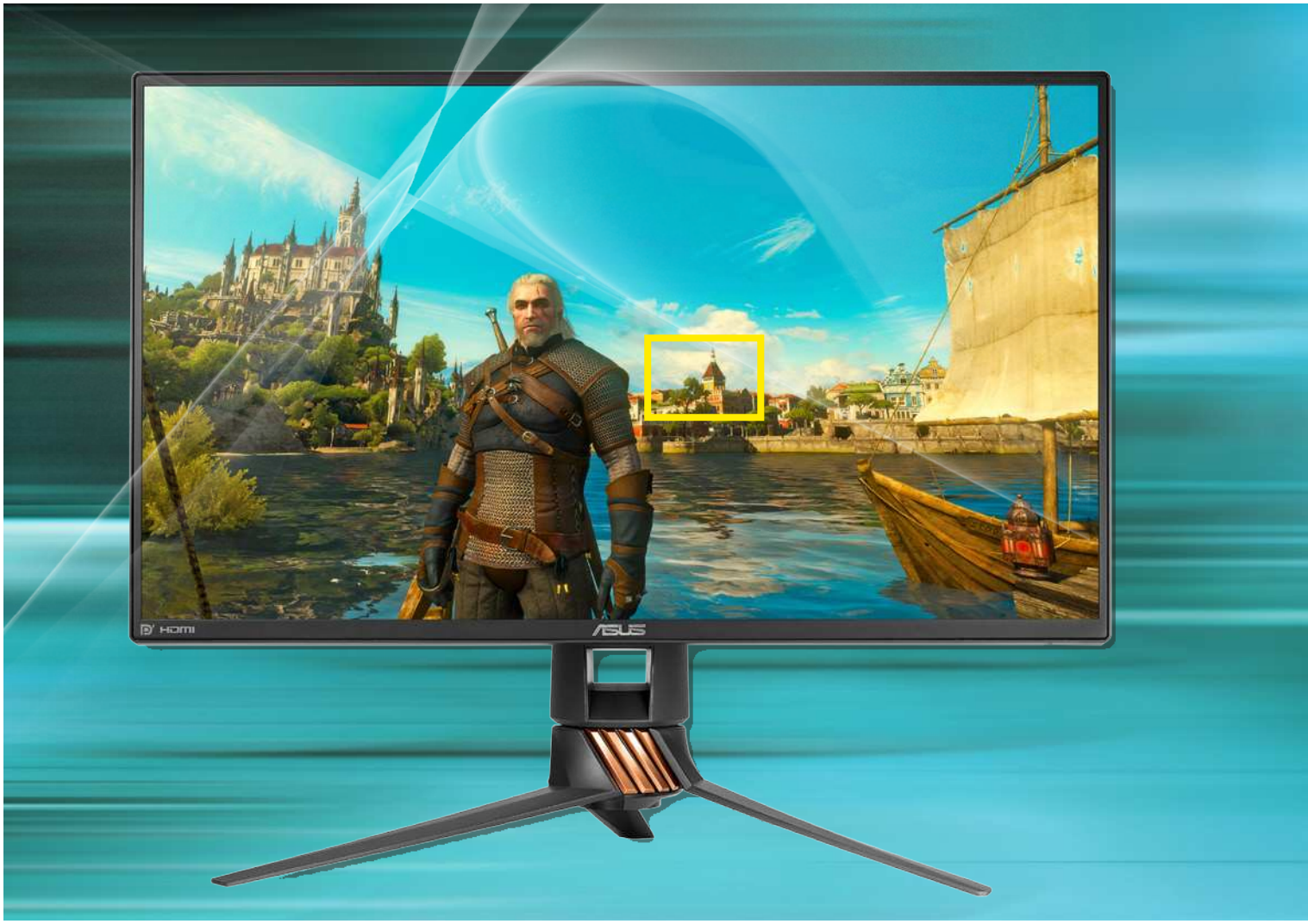


Bild: Asus

Passende Pixelpracht

Was nützt die beste Grafikkarte, wenn der Monitor das Bild nicht ebenso schön darstellt? Nicht nur wegen Freesync/G-Sync müssen beide Komponenten harmonieren.

Zugegeben, der Monitor-Markt sprudelt aktuell nicht vor Innovationen. Angekündigt wird viel, aber die Neuheiten lassen auf sich warten. Anfang letzten Jahres etwa stellte Dell den ersten OLED-Monitor vor. Über das Nonplusultra in Sachen Bildqualität und außerdem noch eine quasi nicht existente Reaktionszeit von nur 0,1 Millisekunden sollte der Dell UP3017Q verfügen. Die beiden bislang nicht miteinander vereinbarten Gegensätze aus Bildqualität und Reaktionszeit schienen endlich vereint. Gerade Gamer lechzten, die sich ja für eine der beiden Panel-Techniken TN oder IPS, also schnell oder schön, bislang entscheiden mussten. Andere Hersteller berichteten, dass die OLED-Technik noch in der Lebensdauer Probleme hat. Sie sind anfällig fürs Einbrennen. Bei Smartphones, deren Displays die meiste Zeit ja aus sind, und bei Fernsehern, die kaum immer gleiche Elemente im Bild haben, ist das kein Problem. Auch wenn Dell andere Gründe vorschob, um das OLED-Modell Anfang dieses Jahres wieder abzukündigen, dürften diese Mankos mitunter eine Rolle dafür gespielt haben.

Okay, OLED scheint noch auf sich warten zu lassen. Das Buzzword des Jahres 2017 ist ohnehin ein anderes: HDR. Wieder eine Technik, die die Fernsehwelt den Monitoren voraus hat. Aber Ende dieses Jahres soll HDR auch in Monitoren Einzug halten. Der freie Standard HDR10 scheint sich zu etablieren, auch wenn die Alternative Dolby Vision mit 12 statt 10 Bit technisch besser ist. Im Gegensatz zu HDR10 kostet sie aber Lizenzgebühren und ist bislang nur in einigen hochpreisigen TV-Modellen zu finden. LG kündigt Ende 2016 den ersten Monitor mit HDR10-Unterstützung an, der noch dieses Jahr erscheinen soll. Mit hoher Farbraumabdeckung und recht langer Reaktionszeit ist er aber eher für Bildbearbeiter als für PC-Zocker interessant.

Im Rahmen der diesjährigen CES kündigten AMD und Nvidia ohnehin neue Techniken an: „Freesync

Auf die Pixeldichte kommt es an

Je höher die Auflösung und je kleiner die Bildschirmdiagonale, desto mehr Pixel auf der Fläche. Die Pixeldichte wird oft in Pixel pro Zoll, kurz ppi (engl. pixel per inch) angegeben. Bei den unten gezeigten Bildern handelt es sich um Makrofotos – sie wurden also vom Display abfotografiert.

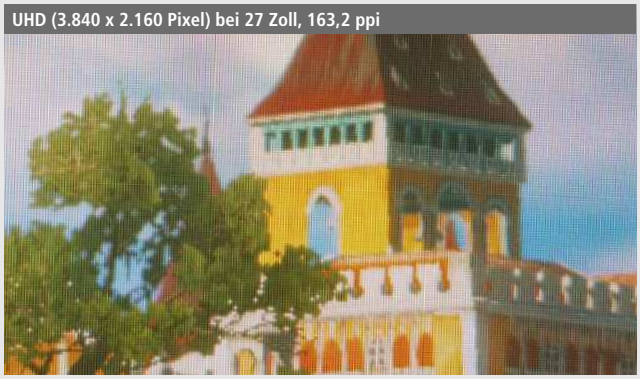
Full HD (1.920 x 1.080 Pixel) bei 24 Zoll, 91,8 ppi

Full HD (1.920 x 1.080 Pixel) bei 27 Zoll, 81,6 ppi

WQHD (2.560 x 1.440 Pixel) bei 24 Zoll, 122,4 ppi

WQHD (2.560 x 1.440 Pixel) bei 27 Zoll, 108,8 ppi

UHD (3.840 x 2.160 Pixel) bei 27 Zoll, 163,2 ppi



UHD (3.840 x 2.160 Pixel) bei 32 Zoll, 137,6 ppi

2“ bzw. „G-Sync HDR“ sollen eine synchrone Bildrate und den damit erreichten Vorteil eines geringen Input-Lags mit der HDR-Wiedergabe vereinen. Während AMD auch mit Freesync 2 wieder einen offenen Standard bietet, baut Nvidia für G-Sync HDR zusammen mit dem Panel-Hersteller AU Optronics gleich ein eigenes Display, das in Form eines Asus- und eines Acer-Modells Ende des Jahres zu einem vierstelligen Preis verfügbar sein soll. Freesync 2 soll laut AMD schon viel eher erscheinen.

In Sachen HDR muss aber nicht nur der Monitor mitspielen, auch die Software, also die Spiele, und Grafikkarten müssen die neue Farbenpracht unterstützen. Alle Grafikkarten aktueller Generationen, sowohl die von Nvidia also auch die von AMD, sind dafür gerüstet. HDR-fähige Spiele kommen erst nach und nach. Shadow Warrior 2 war das erste HDR-Spiel für den PC, mittlerweile sind Hitman und Resident Evil 7 erschienen. Auch Mass Effect: Andromeda wird HDR unterstützen.

Außerdem muss auch die Spiele-Engine die kommenden Techniken Freesync 2 und G-Sync HDR unterstützen. Das heißt, dass auch seitens der Entwickler Zeit und Geld in die Hand genommen werden muss.

HDR hin oder her: Nur deswegen muss man noch lange nicht den Monitorkauf gleich aufs nächste Jahr verschieben oder gar auf einen HDR-TV umsteigen. Denn wer weiß, wann die angekündigten Techniken auf dem Markt auch letztlich erscheinen werden und sich auf dem Markt überhaupt etablieren. Andere Neuheiten, etwa Gaming mit 3D-Brillen, entpuppten sich auch als Strohfeuer. Zu teuer und zu unspektakulär war das 3D-Erlebnis. Ein Monitor überlebt auf dem Schreibtisch gut und gerne ein halbes Jahrzehnt, während interne PC-Komponenten öfter ausgetauscht werden. Umso wichtiger ist die zukunftssichere Auswahl des Bildschirms. Auf den folgenden vier Seiten werden Sie beraten, welches Panel das richtige für Sie ist.

Welche Größe möchte ich?

24 Zoll
Monitore mit einer Bilddiagonale über 24 Zoll sind nach wie vor am beliebtesten und auch am günstigsten. In dieser Größenklasse gibt es aber nicht nur Billigheimer, sondern auch Displays mit hoher Auflösung und/oder hoher Bildfrequenz.

27 Zoll
Wenn es ein bisschen mehr Bildfläche sein darf, dann finden Sie mit der zweitbeliebtesten Bilddiagonale noch immer einen guten Preis-Leistungs-Kompromiss. 27-Zöller sind auch in der Oberklasse mit vierstelligem Preis vertreten.

30 Zoll und mehr
Monitore gibt es auch in TV-Dimensionen. Dann sollte aber auch eine entsprechend hohe Auflösung vorhanden sein. Wohnzimmertaugliche Panels gibt es aktuell bis 43 Zoll.

Welche Auflösung möchte ich?

Full HD
Nach wie vor ist Full HD mit 1.920 × 1.080 Pixeln die beliebteste Auflösung zum Spielen. Auch Mittelklasse-Grafikkarten liefern in 1080p spielbare Frameraten bei hohen Grafikdetails.

WQHD
High-End-Grafikkarten sind mit 1080p oftmals schon hoffnungslos unterfordert. Besitzer einer Geforce GTX 1070 oder 1080 können daher eine Pixelstufe höher wählen und mit einem feineren Bild zocken.

UHD
Wer auf seinem 4K-TV oder einem Monitor mit UHD, der vierfachen Full-HD-Auflösung, spielen möchte, benötigt mindestens eine GTX 1080, ein SLI-Verbund aus beiden oder gleich eine GTX Titan. Natives 4K-Gaming ist noch eine teure Nische.

Welches Format möchte ich?

16:9
Die meisten Monitor-Modelle haben ein Display mit dem Seitenverhältnis über 16:9. Es entspricht den bekannten Auflösungen, also Full HD, WQHD oder UHD. Alle aktuellen Spiele unterstützen dieses Format.

21:9
Monitore im breiten Ultrawide-Format werden immer beliebter. Zum einen löst so ein breites Gerät den zweiten Bildschirm auf dem Schreibtisch ab. Zum anderen soll die Immersion, also das Eintauchen ins Spiel, umso intensiver sein.

16:10
Für aktuelle Monitore nahezu unbedeutend, aber noch immer nicht ausgestorben ist das 16:10-Format. Es ist eher unter Business-Geräten oder solchen für Grafik- und Bildbearbeitung verbreitet.

Full-HD-Mainstream
Eine Auflösung über 1.920 × 1.080 Pixel ist das Minimum eines aktuellen Monitors. Da solche Geräte bereits für unter Hundert Euro zu haben sind, sind geringere Auflösungen vom Markt größtenteils verschwunden. Das bedeutet nicht, dass Full HD der Einsteigerklasse vorbehalten ist: Nach wie vor gibt es Modelle der oberen Mittelklasse in dieser Auflösung. Laut einer Umfrage im PCGH-Forum spielte 2016 die Hälfte aller Teilnehmer in Full HD. Selbst dieses Jahr dürfte sie noch immer die beliebteste Auflösung sein.

Grund dafür ist die Leistung aktueller Grafikkarten. Denn die GPU-Mittelklasse liefert lediglich in Full HD akzeptable Frameraten. Eine Nvidia Geforce GTX 1060 oder eine AMD Radeon RX 480 schafft beispielsweise in The Witcher 3 oder auch in Fallout 4 bei Full HD und besten Grafikdetails um die 60 Fps. Für die meisten ist das der beste Preis-Leistungs-Kompromiss. Wer mehr Frames oder mehr Pixel möchte, muss schon weitaus tiefer in die Tasche greifen: Leistungsfähigere Grafikkarten, also etwa GTX 1070 oder 1080, kosten gleich mehrere Hundert Euro Aufpreis. Allein diesen Mehrpreis könnte man in einen guten Full-HD-Monitor mit 144 Hz Bildwiederholrate und Freesync investieren. Wer übrigens auf das aktuelle Maximum von 240 Hz setzen möchte, ist momentan nur auf einige Modelle mit Full-HD-Auflösung beschränkt.

In Full HD sind auch schicke IPS- oder VA-Displays zu finden. Samsung etwa bietet mit Quantum Dot (QLED) interessante Alternativen mit guter Bildqualität, schnellen Schaltzeiten und fairem Preis – etwa im hier vorgestellten C24FG70 mit guter Farbtreue und sehr niedrigem Schwarzwert. 24 Zoll ist für Full HD auch eine gute Bilddiagonale. Ab 27 Zoll ist die Pixeldichte schon recht gering.

Wide-Quad-Kompromiss
Mit 2.550 × 1.440 Pixeln ist WQHD die Auflösung mit der vierfachen 720p-Pixelmenge. Eine höhere Auflösung schwächt die Treppenbildung (Aliasing) in Spielen deutlich ab, der ansonsten nur mit aufwendigen Kantenglättungstechniken wie TAA, MSAA oder FXAA entgegengewirkt werden kann. Die damit eingesparte Leistung der GPU kann somit in die Berechnung des größeren Bildes investiert werden.

Zudem bietet sich die WQHD-Auflösung an, wenn die Grafikleistung für mehr als Full HD ausreicht. Nun sind zwar Monitore mit der höheren UHD-Auflösung nicht unbedingt teurer, wohl aber die Grafikkarten, die in dieser Auflösung in aktuellen Spielen akzeptable Frameraten liefern. Auch wer mehr als 60 Hz erwartet, findet sein Limit mit WQHD: Die Auflösung gibt es aktuell zusammen mit einer Bildwiederholrate bis zu 165 Hz. Eine 4K/UHD-Auflösung ist aktuell nur bis 60 Hz möglich. Grund dafür ist der Displayport-1.2-Standard, der hier als Nadelöhr fungiert. Damit ist WQHD bzw. 1440p der bestmögliche Kompromiss aus hoher Auflösung und hoher Bildwiederholrate zugleich.

Mit Mittelklasse-GPU wird es mit dieser Auflösung schon eng mit den Frameraten in aktuellen Spielen. Eine Geforce GTX 1070 sollte es schon sein, wenn die Texturqualität kompromisslos hoch bleiben soll. Weniger fordernde Titel, etwa Bioshock Infinite oder Overwatch, kommen aber auch mit schwächeren GPUs in WQHD klar.

Die Produktvielfalt erstreckt sich in dieser Auflösung von der Mittelklasse ab 250 Euro bis zur Oberklasse auf etwa 850 Euro. So teuer wird es erst dann, wenn es ein IPS-Panel mit hoher Bildwiederholrate und G-Sync sein soll. Hochfrequente WQHD-Panels gibt es aber schon für gut um die Hälfte.

msi®
HART SPIELEN – COOL BLEIBEN
GeForce® GTX 10 Serie

4K/UHD-Nonplusultra

Die Ultra-HD-Auflösung über 3.840 × 2.160 Pixeln ist mit der vierfachen Full-HD-Pixelmenge das aktuelle Maximum bei Monitoren. Denn selbst aktuelle High-End-Grafikkarten stemmen diese Pixelmenge nur in mittleren zweistelligen Frameraten. Eine GTX 1080 etwa bleibt in The Witcher 3, Rise of the Tomb Raider oder GTA 5 deutlich unter 50 Fps in den PCGH-Benchmarks. Wie schon erwähnt, sind bei UHD lediglich 60 Hz drin. Eignet sich ein Monitor mit der Auflösung dann überhaupt zum Spielen? Bedingt: Nicht ganz so grafikintensive Strategiespiele, welche die native UHD-Auflösung unterstützen, brauchen etwa keine hohe Bildwiederholfrequenz oder reaktionsschnelle TN-Panels.

Wer auf UHD setzen möchte, sollte auch auf eine entsprechend hohe Bilddiagonale achten. Auch wenn es hier vereinzelt 24-Zoll-Monitore gibt, sind 27 Zoll das sinnvolle Minimum. Besser gleich 32 Zoll oder etwas mehr. Hier ist die Pixeldichte noch immer recht hoch. Zum Vergleich: Die Pixeldichte eines Full-HD-Monitors in 24 Zoll würde der eines UHD-Monitors in 48 Zoll entsprechen. 43 Zoll ist aber das aktuelle Maximum unter den Monitoren. Wer darüber hinaus möchte, muss zum TV greifen. Diese verfügen aber über ein höheres Input-Lag, sind auf den HDMI-Anschluss beschränkt und bieten keine Monitortechniken wie etwa Freesync oder G-Sync. Die hohe Auflösung macht einen Monitor nicht unbedingt teuer. Mit dem Acer RT280K gibt es schon einen 28-Zoll-Monitor für circa 370 Euro. Auf andere besondere Merkmale muss dann aber verzichtet werden, denn es handelt sich um ein schnödes TN-Panel. Größere und schickere VA- und IPS-Displays gibt es in UHD aber auch schon in der 500-Euro-Region. Dennoch ist für die meisten Gamer eine niedrigere Auflösung mit mehr Hertz oft der bessere Kompromiss.

Ultrawide-Breitbildnische

Bislang haben wir die Monitore in Auflösungen kategorisiert – zudem alle im üblichen 16:9-Format. Ultrawide ist mit 21:9 daneben die beliebteste Nische. Ein Ultrawide-Monitor ersetzt etwa das Multi-Monitor-Setup und bietet eine Bildfläche ohne Trennung zwischen beiden Displays, was beispielsweise für den Videoschnitt interessant ist. Aber auch unter Gamern wird das Breitbild immer beliebter, da mittlerweile Probleme mit der Interpolation immer seltener werden. Viele Spiele bieten bereits eine native 21:9-Auflösung.

Dabei handelt es sich um dieselbe vertikale Pixelmenge der Auflösungen anderer Formate, also 1080p, 1440p und sogar 1600p – wenn auch Letztere nur in zwei High-End-Modellen. Das sinnvolle Minimum in der Bilddiagonalen sind hier 29 Zoll, auch wenn es einige Minis schon ab 25 Zoll gibt. Wir empfehlen Modelle mit 34 Zoll und einer 1440p-Auflösung, wenn es denn ein Ultrawide-Monitor sein soll.

Eine wichtige Eigenschaft der Displays ist hier die Krümmung, die wegen der Breite auch sinnvoll ist. Sie wird mit dem Krümmungsradius beschrieben – also 1800R etwa entspricht einem Radius von 1,8 Meter. Je niedriger der Radius, desto stärker ist das Display also gebogen. Mittlerweile ist der „Curved"-Trend auch auf einige Modelle im 16:9-Format übergeschwappt, wie etwa im unten vorgestellten Samsung C24FG70.

Die große Pixelmenge erfordert auch um Ultrawide-Format eine ordentliche Grafikleistung. Unsere Benchmarks nehmen wir in der Regel in einer 16:9-Auflösung vor. Als Faustregel: In den entsprechend höheren Ultrawide-Auflösungen sind die Frameraten etwa 15 Prozent niedriger als in den 16:9-Pendants mit derselben vertikalen Pixelanzahl. *(mc)*

Welches Panel möchte ich?

TN (Twisted Nematic)

TN ist die günstigste, aber auch schnellste Display-Technik. Wer sparen möchte oder aber die schnellstmögliche Reaktionszeit der Pixel benötigt, etwa für Multiplay-Shooter, ist mit einem TN-Panel am besten bedient.

IPS (In-Plane-Switching)

In-Plane-Switching bietet eine bessere Blickwinkelstabilität, meist höheren Kontrast und bessere Farbtreue. Daher ist die Bildqualität besser als bei TN, das Panel aber auch langsamer. IPS ist auch schon in günstigen Modellen zu finden.

VA (Vertical Alignment)

Die VA-Technik bietet einen Kompromiss aus beiden oben genannten Techniken. Also etwas bessere Bildqualität als TN und noch immer schneller als IPS. Samsungs Quantum-Dot-Geräte (auch QLED genannt) haben VA als Basis.

Welche Bildwiederholrate möchte ich?

60 Hz

Wer einen günstigen Monitor sucht oder keine schnellen Ego-Shooter spielt, könnte mit dem aktuellen Minimum der Bildwiederholrate mitsamt Vsync durchaus zurechtkommen.

100-180 Hz

Mit einer hohen Bildwiederholrate sind die Bildrisse umso kürzer. Viele hochfrequente Modelle bieten mit AMDs Freesync eine dynamische Frequenz. Nvidias G-Sync ist etwas besser, kostet aber bei gleicher Ausstattung circa 150 Euro extra.

240 Hz

Ganz ohne Freesync oder gar Vsync bieten 240 Hz ein nahezu rissfreies Bild, je höher die Framerate ist. Für Shooter auf Wettkampfniveau interessant, ansonsten aber noch recht teuer und auf Full HD beschränkt.

Welche Ausstattung brauche ich?

Fernbedienung

Einige Gaming-Modelle bieten eine Kabel-Fernbedienung, die schnelles Navigieren durch das Menü sowie eine flotte Umschaltung zwischen voreingestellten Modi ermöglicht. Lohnt sich nur, wenn das Display für jedes Spiel extra justiert wird.

Flexibler Standfuß

Gute Modelle sind in der Höhe um ca. 10 bis 20 cm verstellbar, oft drehbar und können hochkant (Pivot) gedreht werden. Wen Telefonbücher unterm Monitor nicht stören, der braucht diese Flexibilität nicht. Zudem gibt es Monitorhalterungen.

USB-C

Einige Top-Modelle bieten den neuen Typ-C-Anschluss, der neben Daten auch eine Stromversorgung oder Netzwerkverbindung bieten kann. Der Monitor wird somit zur Docking-Station für entsprechend ausgerüstete Notebooks.

FULL-HD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle mit 25 Wertungskriterien

	23,5 Zoll	24 Zoll	24,5 Zoll	27 Zoll	24 Zoll
Produktname	**C24FG70**	**GB2488HSU-B2**	**ZOWIE XL2540**	**VG278HV**	**XF240Hbmjdpr**
Hersteller	Samsung	liyama	Benq	Asus	Acer
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 365,-/Befriedigend	Ca. € 280/Ausreichend	Ca. € 500,-/Mangelhaft	Ca. € 330/ausreichend	Ca. € 230/Befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1502763	www.pcgh.de/preis/1367528	www.pcgh.de/preis/1534083	www.pcgh.de/preis/1336350	www.pcgh.de/preis/1344416
Ausstattung (20 %)	**1,83**	**1,26**	**2,22**	**2,03**	**2,17**
Diagonale/Anschlüsse	59,7 cm/2x HDMI, 1x DisplayPort	61,0 cm (24 Zoll)/2× HDMI 1.4, 1× Displayport 1.2, 1× DVI-D	62,5 cm/HDMI 2.0 (×2), DP1.2	68,6 cm (27 Zoll)/1× HDMI 1.4, 1× DVI-D, 1× D-Sub	61,0 cm (24 Zoll)/1× HDMI 1.4, 1× Display-Port 1.2
Max. Auflösung/Pixeldichte	1.920 × 1.080/93,7 ppi	1.920 × 1.080/0,277 mm	1.920 × 1.080/0,3 mm	1.920 × 1.080/0,311 mm	1.920 × 1.080/0,276 mm
Panel	QLED/VA	TN/LED	TN/LED	TN/LED	TN/LED
Netzteil	Extern	Intern	Intern	Intern	Intern
Gewicht/Maße	5,2 kg/	5,60 kg/56,8 × 38,8 × 23,0 cm	7,5 kg/57 × 52 × 23 cm	8 kg/64,3 × 43,8 × 25 cm	6,35 kg/56,7 × 38,6 × 24,5 cm
Pivot 90Grad/neigbar/höhenverstellbar	Ja/-5°,15°/14 cm	Ja/27 Grad/13 cm	Ja/30 Grad/155 mm	Ja/20 Grad/100 mm	Ja/40 Grad/150 mm
Garantie	2 Jahre Pickup & Return	3 Jahre	2 Jahre Pickup & Return	3 Jahre	2 Jahre
Sonstiges/Zubehör	Quantum-Dot-Display, Pivot-Funktion, 1800R gebogen, Kopfhörerausgang,	Lautsprecher, USB-Hub, Pivot-Funktion, Kopfhöreranschluss	USB-3.0-Hub, drehbarer Standfuß, Kopfhörerausgang, Mikrofoneingang, Fokusblende, Headset-Aufhängung, Schutzhülle	Lautsprecher, Kopfhöreranschluss	Lautsprecher, Pivot-Funktion, Freesync, Kopfhöreranschluss
Eigenschaften (20 %)	**2,24**	**2,24**	**2,37**	**2,23**	**2,29**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	70-144 Hz/Freesync	144 Hz/Freesync	240 Hz/-	144 Hz/-	144 Hz
Kontrastverhältnis	2193:1	1060:1	731:1	1190:1	850:1
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	33,8 Watt/0,3 Watt	36/0,2 Watt	26 Watt	35/0,6 Watt	32/0,6 Watt
Leistung (60 %)	**1,36**	**1,65**	**1,36**	**1,57**	**1,57**
Input Lag	24,4 ms	12 ms	14,4 ms	5 ms (alte Messung)	5 ms (alte Messung)
Farbbrillanz/Farbechtheit	Gute Bildqualität	Gut	Befriedigend	Gut	Gut
Max. Helligkeit	340 cd/m²	354,7 cd/m²	390 cd/m²	305 cd/m²	370 cd/m²
Helligkeitsabweichungen	Bis 12 %	Bis 12 %	Bis 10 %	Bis 11 %	Bis 11 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Wenig/sichtbar	Wenig/keine	Gering/sichtbar	Wenig/wenig	Wenig/wenig
FAZIT	⊕ Gute Bildqualität ⊕ Flexibler Standfuß ⊖ Großer Input-Lag	⊕ Exzellente Ergonomie ⊕ Overdrive ausbalanciert ⊖ Mäßiger Schwarzwert	⊕ Hohe Bildfrequenz ⊕ Niedrige Verzögerung ⊖ Mittelmäßige Farbqualität	⊕ Sehr gute Verarbeitung ⊕ Guter Helligkeitsregelbereich ⊖ Teuer	⊕ Sehr gute Leistungswerte ⊕ Freesync ⊖ Schwacher Kontrast
	Wertung: **1,63**	Wertung: **1,69**	Wertung: **1,73**	Wertung: **1,79**	Wertung: **1,84**

WQHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle mit 25 Wertungskriterien

	27 Zoll	27 Zoll	24 Zoll	27 Zoll	27 Zoll
Produktname	**XG2703-GS**	**MG278Q**	**Agon AG241QX**	**GB2783QSU**	**XG270HU**
Hersteller	Viewsonic	Asus	AOC	liyama	Acer
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 850 Euro/Befriedigend	Ca. € 500,-/Gut	Ca. € 380,-/Befriedigend	Ca. € 320,-/Gut	Ca. € 340,-/Gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1504306	www.pcgh.de/preis/1277261	www.pcgh.de/preis/1513909	www.pcgh.de/preis/1515062	www.pcgh.de/preis/1474187
Ausstattung (20 %)	**1,58**	**1,28**	**1,73**	**1,53**	**1,83**
Diagonale/Anschlüsse	68,8 cm/1x HDMI 1.4, 1x Display-Port 1.2	68,6 cm/1x DVI, 2x HDMI, 1x Display-Port 1.2	60,5 cm/2x HDMI, 1x DisplayPort	68,6 cm/1x DVI, 1x HDMI, 1x Display-Port 1.2	68,6 cm/1x DVI, 1x HDMI, 1x Display-Port 1.2
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/108 ppi	2.560 × 1.440/108 ppi	2.560 × 1.440/122ppi	2.560 × 1.440/108ppi	2.560 × 1.440/108ppi
Panel	IPS/LED	TN/LED	TN/LED	TN/LED	TN/LED
Netzteil	Extern	Intern	Extern	Intern	Extern
Gewicht/Maße	7,0 kg/63 × 53 × 25 cm	11,5 kg/63 × 56 × 23 cm	5,5 kg/55 × 49 × 21 cm	6,1 kg/62 × 53 × 23 cm	3,8 kg/61 × 46 × 21 cm
Pivot 90Grad/neigbar/höhenverstellbar	Ja/-5°,20°/10 cm	Ja/-5°,20°/15 cm	Ja/-4°,21°/13 cm	Ja/-5°,15°/13 cm	Nein/-5°,15°/Nein
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre Pickup & Return
Sonstiges/Zubehör	USB-3.0-Hub,2 x 2 Watt Lautsprecher, Kopfhörerausgang	USB-3.0-Hub,2 x 2 Watt Lautsprecher, drehbarer Standfuß, Kopfhörerausgang, Mikrofoneingang, Fps Counter, Onscreen Crosshair	2 x 2 Watt Lautsprecher, Kopfhörerausgang, Mikrofoneingang, 4 × USB 3.0, Headset-Halterung	USB-3.0-Hub, drehbarer Standfuß, Kopfhörerausgang, Mikrofoneingang, 2 x 2 Watt Lautsprecher	2 x 2 Watt Lautsprecher, Kopfhörerausgang, Mikrofoneingang
Eigenschaften (20 %)	**2,37**	**2,46**	**2,29**	**2,49**	**2,46**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	178/178 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	30-165 Hz/G-Sync	40-144 Hz/Freesync	30-165 Hz/Freesync	55-75 Hz/Freesync	40-70 Hz/Freesync
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	1118:1/0,3 cd/m²	649:1/0,6 cd/m²	901:1/0,5 cd/m²	777:1/0,5 cd/m²	832:1/0,5 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	41 Watt/10,7 Watt	42,4 Watt/0,6 Watt	30,2 Watt/0,4 Watt	40,2 Watt/0,3 Watt	41,5 Watt/0,3 Watt
Leistung (60 %)	**1,29**	**1,49**	**1,52**	**1,69**	**1,60**
Input Lag	12,1 ms	10,4 ms	10,6 ms	10,2 ms	10,2 (9,8) ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	3,3	4,4	4,7	7,4	5,3
Max. Helligkeit	354,7 cd/m²	402,1 cd/m²	427,5 cd/m²	367 cd/m²	374,4 cd/m²
Helligkeitsabweichungen	Bis 12 %	Bis 11 %	Bis 15 %	Bis 8 %	Bis 7 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Wenig/keine	Wenig/wenig	Sichtbar/sichtbar	Sichtbar/gering	Sichtbar/sichtbar
FAZIT	⊕ Gute Bildqualität ⊕ G-Sync bis 165 Hz ⊖ Hoher Stand-by-Verbrauch	⊕ Gute Ausstattung ⊕ Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis ⊖ Niedriger Kontrast	⊕ Freesync bis 165 Hz ⊕ Standfuß aus Vollmetall ⊖ Ausleuchtung mittelmäßig	⊕ Gute Ausstattung ⊕ Geringer Input-Lag ⊖ Knappe Freesync-Range	⊕ Overdrive-Funktion ⊕ Relativ leicht ⊖ Nicht höhenverstellbar
	Wertung: **1,56**	Wertung: **1,64**	Wertung: **1,72**	Wertung: **1,82**	Wertung: **1,82**

4K/UHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle mit 25 Wertungskriterien

	28 Zoll	27 Zoll	40 Zoll	28 Zoll	27 Zoll
Produktname	**MG28UQ**	**27UD68-W**	**X4071UHSU-B1**	**RT280K**	**PG27AQ**
Hersteller	Asus	LG	liyama	Acer	Asus
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 550,-/Befriedigend	Ca. € 480,-/Gut	Ca. € 550,-/Befriedigend	Ca. € 370,-/Gut	Ca. € 850,-/Ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1384653	www.pcgh.de/preis/1395285	www.pcgh.de/preis/1362847	www.pcgh.de/preis/1527074	www.pcgh.de/preis/1214688
Ausstattung (20 %)	**1,25**	**1,73**	**1,53**	**1,73**	**1,35**
Diagonale/Anschlüsse	71,1 cm/3× HDMI 1.4, 1× Display-Port 1.2	68,8 cm/2× HDMI 2.0, 1× Display-Port 1.2	61 cm/2× HDMI 1.4, 1× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2, 1× D-Sub	71,1 cm/1x DVI, 1x HDMI, 1x Display-Port 1.2	68,6 cm/1× HDMI 1.4, 1× Display-Port 1.2
Max. Auflösung/Pixelabstand	3.840 × 2.160/0,16 mm	3.840 × 2.160/0,16 mm	3.840 × 2.160/0,23 mm	3.840 × 2.160/100 ppi	3.840 × 2.160/0,16 mm
Panel/Hintergrundbeleuchtung	TN/LED	IPS/LED	MVA/LED	TN/LED	IPS/LED
Reaktionszeit (Hersteller)/Netzteil	1 ms/intern	5 ms /extern	3 ms/intern	1 ms/intern	4 ms/extern
Gewicht/Maße	8,0 kg/66 × 42 × 57 cm	4,9 kg/62 × 46 × 19 cm	12,2 kg/91 × 58 × 24 cm	5,6 kg/ 66 × 49 × 21 cm	7,0 kg/62 × 55 × 24 cm
Drehbar/neigbar/höhenverstellbar	Ja/25Grad/150 mm	Nein/17 Grad/Nein	Nein/Nein/Nein	Nein/-5°,15°/Nein	Ja/25 Grad/Ja
TCO/Garantie	TCO 6.0/3 Jahre	TCO 6.0/2 Jahre	-/3 Jahre	3 Jahre	TCO 6.0/3 Jahre
Sonstiges	USB-3.0-Hub, Kopfhöreranschluss, Pivot-Funktion, Freesync		Lautsprecher, USB-3.0-Hub, Kopfhöreranschluss, PiP/PbP-Modi, Fernbedienung	2 x 2 Watt Lautsprecher	Lautsprecher, USB-3.0-Hub, Pivot-Funktion, G-Sync, Kopfhöreranschluss
Eigenschaften (20 %)	**2,20**	**2,04**	**1,97**	**2,28**	**2,16**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160	175/175 Grad	150/175 Grad	170/160 Grad	175/175 Grad
Max. Aktualisierungsrate	60 Hz	60 Hz	60 Hz	40-60 Hz/Freesync	60 Hz
Kontrastverhältnis (statisch)	900:1	950:1	5050:1	852:1/0,3 cd/m²	950:1
Leistungsaufnahme/Stand-by	40,5/0,4 Watt	38,5/0,4 Watt	59/0,5 Watt	41,2 Watt/0,4 Watt	59,0/1,0 Watt
Leistung (60 %)	**1,78**	**1,70**	**1,86**	**1,69**	**1,94**
Input Lag	8 ms	14 ms	12 ms	10,7 ms	8 ms
Farbbrillanz/Farbechtheit	Gut	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Sehr gut
Helligkeit	70 - 250 cd/m²	60 - 280 cd/m²	69 - 295 cd/m²	278,9 cd/m²	26 - 198 cd/m²
Helligkeitsabweichungen	Max. 27%	Max. 6%	Max. 9%	Max. 13 %	Max. 13%
Schlieren-/Korona-Bildung	Gering/gering	Sichtbar/gering	Sichtbar/sichtbar	Sichtbar/gering	Gering/gering
FAZIT	⊕ Sehr niedriger Display-Lag ⊕ Freesync (40 bis 60 Hz) ⊖ Schlechte Uniformität	⊕ Freesync, hohe Farbtreue ⊕ Erstaunlich niedriger Display-Lag ⊖ Ergonomisch eingeschränkt	⊕ Gigantische Bildfläche ⊕ Sehr guter Preis ⊖ Keine dynamische Refreshrate	⊕ Bild-in-Bild-Funktion ⊕ Günstiger UHD-Monitor ⊖ Nicht höhenverstellbar	⊕ G-Sync ⊕ IPS-Panel ⊖ Unverhältnismäßig teuer
	Wertung: **1,75**	Wertung: **1,77**	Wertung: **1,81**	Wertung: **1,82**	Wertung: **1,87**

ULTRAWIDE-MONITORE

Auszug aus Testtabelle mit 25 Wertungskriterien

	37,5 Zoll	34 Zoll	34 Zoll	34 Zoll	35 Zoll
Produktname	**38UC99**	**PG348Q**	**S34E790C**	**X34**	**C3583FQ**
Hersteller	LG	Asus	Samsung	Acer	AOC
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 1.400,-/Ausreichend	Ca. € 1.300/Ausreichend	Ca. € 900/Ausreichend	Ca. € 1.300/Mangelhaft	Ca. € 800/Ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1501656	www.pcgh.de/preis/1276261	www.pcgh.de/preis/1195794	www.pcgh.de/preis/1257523	www.pcgh.de/preis/1371790
Ausstattung (20 %)	**1,47**	**1,70**	**1,80**	**1,40**	**1,27**
Diagonale/Anschlüsse	95,25 cm/HDMI 2.0 (×2), DP1.3, USB-C	86,7 cm (34 Zoll)/2x HDMI 1.4, 1x Display-Port 1.2a	86,4 cm (34 Zoll)/2x HDMI 1.4, 1x Display-Port 1.2a	86,4 cm (34 Zoll)/1x HDMI 1.4, 1x Display-Port 1.2	89 cm (35 Zoll)/1x DVI, 2x HDMI, 2x Display-Port
Max. Auflösung/Pixelabstand	3.840 × 1.600 px/110 ppi	3.440 x 1.440/0,2325 mm	3.440 x 1.440/0,2316 mm	3.440 x 1.440/0,233 mm	2.560 x 1.080/0,32 mm
Panel/Hintergrundbeleuchtung	AH-IPS	IPS/LED	VA/LED	IPS/LED	VA/LED
Netzteil	Intern	Extern	Extern	Extern	Extern
Gewicht/Maße	9,3 kg/89,7 x 46,6 x 23,0 cm	11,1 kg/83 x 56 x 30 cm	9,9 kg/82,2 x 45,2 x 27,6 cm	10,0 kg/83 x 59 x 31 cm	11,6 kg/85 x 46 x 21 cm
Drehbar/neigbar/höhenverstellbar	Nein/20 Grad/18 cm	Ja/25 Grad/115 mm	Nein/22 Grad/100 mm	Nein/40 Grad/130 mm	Nein/18 Grad/Nein
TCO/Garantie	2 Jahre	TCO 6.0/3 Jahre	TCO 6.0/1 Jahr	TCO 6.0/3 Jahre	TCO 6.0/3 Jahre
Sonstiges	USB-3.0-Hub, Kopfhörerausgang, USB-C-Kabels, On-Screen-Menü, 2 × 10 Watt Lautsprecher	USB-3.0-Hub, Lautsprecher, Curved	USB-3.0-Hub, Lautsprecher, Curved	USB-3.0-Hub, Lautsprecher, Curved	Lautsprecher, Curved
Eigenschaften (20 %)	**2,00**	**2,10**	**2,24**	**2,14**	**2,44**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	178/178 Grad	175/175 Grad	172/178 Grad	165/150 Grad
Downsampling (50 %/100 %)	75 Hz	-/-	-/-	-/-	-/-
Kontrastverhältnis (statisch)	983:1/0,3 cd/m²	07.02.1900 08:01	2240:01:00	990:01:00	1860:01:00
Leistungsaufnahme/Stand-by	45,5 Watt/1,1 Watt	65/0,5 Watt	59/0,5 Watt	61/0,5 Watt	53,5/0,5Watt
Leistung (60 %)	**1,17**	**1,43**	**1,59**	**1,97**	**2,01**
Input Lag	10 ms	7 ms	10 ms	12 ms	15 ms
Farbbrillanz/Farbechtheit	Sehr Gut	Sehr Gut	Gut	Sehr gut	Gut
Helligkeit	295 cd/m²	324 cd/m²	295 cd/m²	306 cd/m²	368 cd/m²
Helligkeitsabweichungen	Bis 4 %	Max. 11%	Max. 15%	Max. 11%	Max. 23%
Schlieren-/Korona-Bildung	Gering/gering	Gering/gering	Gering/gering	Gering/gering	Sichtbar/gering
FAZIT	⊕ Sehr gute Bildqualität ⊕ Allround-Modell ⊖ Sehr teuer	⊕ G-Sync ⊕ Bis zu 100 Hz ⊖ Sehr teuer	⊕ Gute Verarbeitung ⊕ Kontraststark ⊖ nur bis 60 Hz	⊕ G-Sync ⊕ Bis zu 100 Hz ⊖ Sehr teuer	⊕ 2000R-Krümmung ⊕ Bis zu 160 Hz ⊖ Nur UW-UXGA
	Wertung: **1,39**	Wertung: **1,61**	Wertung: **1,76**	Wertung: **1,89**	Wertung: **1,95**

Peripherie für Spieler

Knackiger Sound, eine präzise Maus und eine langlebige Tastatur gehören an jeden Spiele-PC. Wir haben passende Empfehlungen für Sie.

Bild: Beyerdynamic

Headsets

Das richtige Headset zu finden ist nicht einfach, da „Klang“ sehr subjektiv ist. In dieser Kaufberatung haben wir drei Empfehlungen aus drei Preisklassen für Sie.

Beyerdynamic Custom Game: Empfehlung für Audiophile. Das auf dem Kopfhörer Custom One Pro Plus basierende Custom Game ist ein klassisches Stereo-Gerät, allerdings bietet es eine ganze Reihe Anpassungsmöglichkeiten. So sind an der Unterseite der geschlossenen Hörer variable Bass-Reflex-Öffnungen angebracht, welche sich in vier Stufen regeln lassen und so eine individuelle Klangcharakteristik erlauben. Neben dem Klang kann das Custom Game aber auch optisch und funktional den Wünschen angepasst werden, so lassen sich die Seitenteile durch poppigere Varianten oder eigene Motive tauschen. Die Polster sind sehr bequem, bieten einen tollen Komfort sowie eine sehr gute Isolation. Das mit 290 Gramm mittelschwere Headset sitzt auch dank der erstklassigen Haptik bequem auf dem Kopf und fällt auch nach vielen Stunden des Tragens nicht unangenehm auf. Das ausgezeichnete, direkt am Kabel befestigte Mikrofon rundet das Gesamtbild ab. Und dank des geringen Widerstands von 16 Ohm lässt sich das Headset auch an Smartphone oder MP3-Player befeuern. Obendrauf ist die Ersatzteillieferung bei Beyerdynamic über Jahre hinweg kein Problem – sollten also nach langem Einsatz neue Polster oder ein Kabel fällig werden, reicht ein Besuch auf der Website, um das Custom Game für die nächsten paar Jahre fit zu machen. Der Anschaffungspreis kann daher als längerfristige Investition gesehen werden.

Sennheiser GSP 350: Alleskönner mit USB. Wenn Sie ein USB-Headset suchen, das neben hohem Komfort durch einen bassstarken, detaillierten und voluminösen Klang ein tolles Mikrofon besitzt, lesen Sie weiter. Das GSP 350 ist mit 275 Gramm angenehm leicht und bietet dank seines breiten, zweigeteilten Kopfbügels sowie dickem Kunstlederpolster an den Hörern einen hohen Komfort, auch wenn es anfangs ein wenig straff sitzt. Das GSP 350 wird per USB verbunden, eine Soundkarte ist in die Kabelfernbedienung integriert und unterstützt optional virtuellen Surround. Das Sennheiser-Headset hat einen kräftigen Tiefton-Fokus. Dabei werden die restlichen Frequenzen nur sehr begrenzt in Mitleidenschaft gezogen, auch der Detailgrad fällt hoch aus. Kurz: Das GSP 350 leistet sich klanglich kaum Schwächen.

Der Lautstärkeregler befindet sich indes direkt am Gerät, das Mikrofon wird durch Herunterklappen des Arms aktiviert – und gehört zu den besten in dieser Preisklasse. Wermutstropfen: Das Kabel wird am Gerät mit einem vierpoligen 1,5-mm-Klinkenadapter angeschlossen und dann per USB verbunden – ein zweites Kabel, das auf 3,5-mm-Klinke endet und so den Betrieb an Smartphone oder MP3-Player erlaubt, fehlt. Soll das Headset nur am PC genutzt werden, ist das GSP 350 ein guter Allrounder.

Lioncast LX50: Unser Spar-Tipp. Es ist erstaunlich, welche Qualität Lioncast für knapp über 50 Euro zu liefern imstande ist. Das LX50 ist mit 260 Gramm recht leicht und sitzt auch dank der angenehmen Materialien selbst nach mehreren Stunden bequem auf dem Kopf. Die mit Memory-Schaum gefütterten und üppig dimensionierten Kunstlederpolster an Bügel und Hörern verteilen das geringe Gewicht effektiv; das stabile, nylonummantelte Kabel und das mit Popschutz ausgestattete Mikrofon können abgenommen werden – ideal für den mobilen Gebrauch. Trotz der hübschen Seitendeckel aus gebürstetem Aluminium und der roten Akzente ist das Design des Lioncast LX50 eher unauffällig. Es lässt sich außerdem problemlos mit dem Smartphone antreiben und ist auch zum Musikhören geeignet. Dazu kann das zweigeteilte Kabel verkürzt und über einen vierpoligem Klinkenstecker angeschlossen werden. Dank der guten Isolation wird außerdem die Geräuschübertragung von innen nach außen (und umgekehrt) gut eingedämmt.

Beyerdynamics Oberklasse-Headset Custom Game überzeugt nicht nur mit tollem Klang und edlen Materialien, sondern kann auch vielfältig individualisiert werden.

Mit dem LX50 ist Lioncast eine kleine Überraschung gelungen. Für einen sehr fairen Preis bekommt man ein sehr gut verarbeitetes Headset mit überzeugendem Klang.

Das Sennheiser GSP 350 ist sehr bequem, hat ein ausgezeichnetes Mikrofon und liefert detailierten Spiele-Sound mit kräftigen Bässen samt optionalem Surround.

Gaming-Mäuse

Die Neuauflage der Roccat Kova ist ergonomisch und verfügt über sogenannte Smart-Cast-Tasten, die sich beispielweise für die Easy-Shift-Funktion (Tastenverdoppelung) eignen.

Obwohl Sharkoons Skiller SGM1 nur mit 40 Euro zu Buche schlägt, bietet die per IR-LED abtastende Maus alles, was der Spieler an Ausstattung benötigt.

Dank Verbesserungen bei der Form liegt die per Infrarot-Sensor abtastende Asus Gladius II noch besser in der Hand als ihr einfarbig beleuchteter Vorgänger.

Ohne eine ergonomisch-präzise Maus bereiten weder Spiele noch schnödes Internetsurfen Freude. Wir haben drei Empfehlungen für PC-Zocker zwischen rund 40 und 100 Euro.

Sharkoon Skiller SG1: Gelungener Spar-Nager. Bei der Skiller SGM1 bleibt Sharkoon seiner Produktphilosophie treu und kombiniert eine gute Ausstattung sowie anstandslose Leistung mit einem niedrigen Preis von nur 40 Euro. Neben den Haupttasten und den beiden hinter dem Mausrad positionierten Dpi-Umschaltern (sieben Dpi-Stufen, 50-Dpi-Schritte) verfügt die Skiller SMG1 noch über fünf M-Tasten, die sich oberhalb der Daumenablage befinden. Unschön: Deren weißes, zu grelles – und damit nerviges – Licht kann man genauso wenig abschalten wie die ebenfalls grell leuchtenden vier Dioden, welche die gewählten Dpi anzeigen. Für die RGB-Beleuchtung des Mausrads und des Logos auf dem Heck der größtenteils mit einer Anti-Rutschschicht versehenen Skiller SGM1 hält die einfach bedienbare Software mit Standardumfang zwei Effekte sowie einen Regler zum Dimmen und Ausschalten der Lichtspielereien bereit. Das Gewichtssystem, 1.000 Hz Polling Rate und der Speicher für sechs Profile runden die gelungene Ausstattung ab. Bei der Leistung präsentiert sich der per IR-Optik abtastende Sensor Pixart PMW 3336 fehler- und verzögerungsfrei, sodass sich die Skiller SGM1 selbst bei 10.800 Dpi präzise einsetzen lässt. Erfreulicherweise überlässt die Software dem Spieler die Wahl, ob er die Pfadbegradigung nutzen will. Die Ergonomie ist gut, aber nicht optimal. Der Daumen liegt zwar bequem in der dafür vorgesehenen Ablage auf, die Auflage für den Ring- und kleinen Finger fällt jedoch bei Palm-Grip zu klein aus.

Roccat Kova: Die Mittelklasse. Roccats Kova eignet sich sowohl für Rechts- als auch Linkshänder. Die Maus verfügt über sogenannte Smart-Cast-Tasten, die am linken und rechten Rand der Haupttasten angeordnet sind und sich mit minimaler Bewegung des Zeige-/Mittelfingers erreichen lassen – ideal beispielsweise für die Tastenverdopplung (Easy-Shift). Dieses Feature gehört genauso zur Ausstattung wie der Speicher für fünf Profile sowie die ARM-MCU, die für die Modifikation der IR-LED-Abtastung und die RGB-Lichtspielereien verantwortlich ist. Optionen zur Pfadbegradigung, der Lift-Off-Distanz und der Untergrundkompatibilität fehlen der mitgelieferten Software.

Beim Sensor handelt es sich um einen von Roccat modifizierten Pixart PMW3320, dessen Abtastrate mithilfe der ARM-CPU von 3.500 auf 7.000 Dpi verdoppelt wird. Das funktioniert bestens, trotz der für einen optischen Sensor ungewöhnlich hohen Dpi-Rate bleibt die Kova sehr gut kontrollierbar und leistet sich keine Aussetzer. Dabei konnten wir keinen Einsatz von Pfadbegradigung feststellen und die Lift-Off-Distanz geht mit ca. 1,5 mm noch in Ordnung.

Asus ROG Gladius II: High-End-Supermaus. Ein neuer Sensor, der (Sniper-)Knopf in der Daumenmulde sowie neue RGB-Beleuchtung, diese Features heben die Gladius II von ihrer Vorgängerin ab und machen sie zu einer der besten Mäuse am Markt. Die technische Neuerung ist der Pixart PMW 3360, welcher per Infrarot-LED mit bis zu 12.000 Dpi abtastet und der dank ARM-CPU-Unterstützung mit einer sehr niedrigen Lift-Off-Distanz von unter einem Millimeter überrascht. Im internen Speicher ist Platz für drei Profile nebst Makros, deren Länge 30 Zeichen nicht überschreiten darf. Auch die Gummierung der Griffmulden sowie die Form haben kleinere Überarbeitungen erfahren, wodurch sich die Ergonomie verbessert – die Gladius II liegt unabhängig vom Griffstil angenehm in der Hand. Natürlich profitiert der Spieler auch vom Wechsel auf den neuen Sensor, der präzise und latenzfrei abtastet und selbst mit 12.000 Dpi gut zu handeln ist. Zwei Anschlusskabel sowie ein Paar Omron-Ersatzschalter für die beiden Haupttasten sind ebenfalls im Karton.

Tastatur-Empfehlungen

Gummidom vs. Mechanik: Wir haben drei Tastaturempfehlungen für Sie.

Asus' Cerberus ist mit Gummidom-Schaltern bestückt. Diese fallen nahezu linear aus und verfügen über eine hohe Druckkraft von ca. 60 g (vergleichbar mit Cherrys MX Black). Ein weiteres nettes Gimmick ist der Spritzwasserschutz inklusive Ablaufmechanismus.

Asus Cerberus: Gummidom-Keyboard mit vielen Extras. Die für Spieler wichtigen Funktionen lassen sich bei der Cerberus ohne Software per Tastenkombinationen bedienen. Dazu gehören das Einstellen der Beleuchtungsfarbe sowie -intensität, die Makro-Direktaufzeichnung (F-Tasten) und die Key-SWAP-Funktion. Obwohl sich an der Oberseite des wasserabweisenden Kunststoffchassis Mediatasten befinden, bieten auch die Knöpfe F1 bis F8 per Fn-Umschalter eine alternative Mediasteuerung. Die Tasten sind im MF-Standardlayout angeordnet, der Platz zwischen den Tastenfeldern könnte größer ausfallen. Dafür ist die Tastatur rutschfest und die Ergonomie trotz kleiner Handballenablage ordentlich. Der Druckpunkt der Tasten ist hoch, aber gut. Dazu kommt ein definierter Auslösepunkt des Gummidoms sowie ein nur leicht schwammiger Anschlag. Die Cerberus ist ein guter Spielpartner, Vielschreiber sollten Probe tippen.

Qpad MK-90: Für Mecha-Einsteiger. Die zahlreichen Beleuchtungsmodi dieser mechanischen Tastatur können ohne Software angewählt werden. Eine Makrofunktion, Direktaufzeichnung und ein Speicher für fünf Profile sind ebenfalls vorhanden. Dazu kommen jeweils zwei USB-2.0- und Audio-Anschlüsse sowie eine Taste zum Wechsel zwischen NKRO/6KRO und der Wiederholrate bei Tastenbetätigung. Die Ergonomie ist wegen der etwas zu schmalen Handballenablage nicht perfekt, dafür gibt es keine Probleme beim Erreichen der Standard-MF-Tasten. Da die rechte und linke Seite der Key Cap recht steil ansteigt, ist genug Platz zwischen den Tasten vorhanden. Das beugt Fehlgriffen genauso vor wie die Tatsache, dass der Kailh-RGB-Red-Schalter auch dann korrekt auslöst, wenn man nur den Randbereich der Tastenkappe trifft. Mit 50 g/cN verfügen die roten Kailh-Schalter über einen um 5 g/cN höheren Aktivierungsdruck als die roten Cherry MX (RGB) Switches. Da auch sie linear sind, können sie trotzdem noch schnell hintereinander betätigt werden. Dem Vielschreiber könnte dagegen der etwas härtere Druckpunkt gefallen.

Sharkoon Shark Zone MK80 RGB: Preis-Leistungs-Knaller. Die vierstufige RGB-Beleuchtung kann für jede der 105 Tasten einzeln festgelegt werden, alternativ bietet die MK80 sieben vorgefertigte Effekte, die ohne die umfangreiche Software angewählt werden können. Unterhaltsam ist der Audio-Effekt, bei dem sich die Lichtspender als eine Art Equalizer dem Rhythmus der abgespielten Musik anpassen – dazu muss allerdings der Audio-Hub genutzt werden.

Dazu kommen Dinge wie der unlimitierte Key-Rollover (NKRO), die 1.000-Hz-Polling-Rate, der Speicher für fünf Profile sowie die Makrofunktion, welche „on the fly" programmiert werden kann. Die Höhenverstellung sowie eine Handballenablage mit einem ungewöhnlichen Befestigungsmechanismus runden die gelungene Ausstattung ab.

Obwohl bei der MK80 RGB die komplette F-Tastenreihe (Profile/Multimedia) sowie die Pfeiltasten (Beleuchtung) doppelt belegt sind, verliert man dank des Standard-MF-Layouts nie die Übersicht. Die Handballenablage ist ausreichend dimensioniert, so fällt die Ergonomie optimal aus. Da die Höhenverstellung über Gummielemente verfügt, rutscht die MK80 nicht. Bei den Tastenschaltern hat man die Wahl zwischen den roten (linear) oder braunen (taktil, haptisch) Kailh-RGB-Modellen. Beide Varianten sind ideal für Viel-Tipper und -Spieler, allerdings emittiert bei den-Kailh-Schaltern viel Licht auf die Platinenabdeckung.

Qpads MK-90 bietet neben einer RGB-Bekeuchtung, die ohne Software modifiziert werden kann, eine Makro-Driektaufzeichnung, die per Taste durchführbar ist.

Bei der dank Handballenablage ergonomischen Sharkoon Shark Zone MK 80 RGB können Sie die Beleuchtungseffekte ebenfalls per Taste (ohne Software) aufrufen.

Gehäuse für alle!

Wer seiner Hardware ein neues Zuhause spendieren will, muss sich nicht nur über die Größe des Gehäuses Gedanken machen. Auch Faktoren wie Kühlung, Lautheit der mitgelieferten Lüfter und nicht zuletzt die Optik beeinflussen die Kaufentscheidung.

Innenraum und Platinenformat

Die Optik und die Größe respektive das Aussehen sowie das Format spielen bei der Wahl eines neuen Gehäuses die wohl wichtigsten Rollen. Während der Look eindeutig ein subjektives Kaufkriterium ist, wird die Entscheidung für ein bestimmtes Format dadurch stark beeinflusst, welche Hauptplatine und welche weiteren Komponenten eingebaut werden und wie viel Raum für den Rechenknecht überhaupt zur Verfügung steht – egal ob er eher unauffällig unter dem Schreibtisch platziert ist oder prominent an einer anderen Stelle präsentiert werden soll.

Groß, etwas kleiner oder doch lieber ein Mini?

Wenn Sie Ihrer Hardware eine Behausung im Großformat spendieren (Midi/Big Tower oder Hybrid), dann haben Sie zuerst einmal viel Platz. Egal ob Sie als Wakü-Fan mehrere Wärmetauscher im 3×120-/3×140-Format oder als Spieler ein Zwei- oder gar Drei-Wege-SLI/Crossfire-System unterbringen wollen. Je nachdem, wie viele groß dimensionierte PC-Komponenten oder Wärmetauscher Sie einbauen wollen, kann bereits ein geräumiges, vom Hersteller als Midi Tower klassifiziertes Modell wie Be quiets Dark Base 900 Pro reichen. Gerade bei der neuesten Gehäusegeneration verschwimmen die Grenzen nicht nur bei der Ausstattung und der Zahl der Montageplätze für die Laufwerke, sondern auch bei der für die Kühlung entscheidende Lüfterbestückung (vorhandene Lüfter/Lüfterplätze) immer mehr. Selbst große Wakü-Radiatoren lassen sich dank des großzügigen Platzangebots bequem in die großräumigen Midi-Modelle einbauen. Dazu kommt, dass Laufwerkskäfige auch hier nicht mehr um- oder ausgebaut werden müssen, um Platz für sperrige Komponenten zu schaffen.

Temperaturentwicklung in Relation zur Größe

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Gehäusekauf ist die Temperaturentwicklung. In großformatigen Gehäusen werden zentrale Komponenten wie Prozessor, Grafikkarte oder Spannungswandler in der Regel besser gekühlt als beispielsweise in einem mit Hardware vollgestopften Micro-ATX- oder Mini-ITX-Gehäuse. Bei Midi oder Big Towern dagegen spielt der Formfaktor für die Synthese aus einer guten Komponentenkühlung und einer geringen Lüfterlautheit mittlerweile eine untergeordnete Rolle. Das stellten wir in der letzten Marktübersicht in der PCGH 09/2016 fest, bei der wir das Midi- und Big-Tower-Format erstmals gemischt haben. Im Wesentlichen besteht der Unterschied zwischen einem Big und einem Midi Tower im vorhandenen Platz für Komponenten sowie dem Komfort beim Einbau der Hardware. Unterschiede bei der Wärmeentwicklung im Inneren ergeben sich meist aufgrund der verschiedenen Lüfterbestückungen sowie -anordnung, des Einsatzes einer Wasserkühlung, eines offenen Deckels (Kamineffekt) oder Features wie einer Dämmung.

Großer Innenraum, viel Platz für die Hardware

Bei den Kaufkriterien „Platzangebot für die Hardware“ sowie „bequemer Hardware-Einbau“ hat ein ausschließlich mit einer Micro-ATX- oder Mini-ITX-Hauptplatine bestückbares Mini-Gehäuse natürlich das Nachsehen gegenüber den großen Vertretern. Oft müssen die Laufwerke umständlich direkt an den Gehäusewänden, auf der Rückseite des Mainboard-Trays oder an speziellen Haltekonstruktionen angeschraubt werden. Schraubenlose Laufwerkshalterungen oder Laufwerkskäfige sind dagegen nur selten vorhanden.

Dazu kommt, dass auch zu wenig Platz für den komfortablen Einbau der Platine und des Netzteils bereitsteht. Gerade für den Stromgeber findet man in den Handbüchern aktueller Micro-ATX-/Mini-ITX-Gehäuse immer öfter Längenbeschränkungen (die reguläre Länge eines Netzteils beträgt ca. 170 mm bis 180 mm). Die Zahl der Komponenten, die in einen solchen Gehäusezwerg eingebaut werden können, ist natürlich auch deutlich eingeschränkt. Zumal es bei den besonders kleinen Modellen zusätzlich auch noch Beschränkungen bei der Grafikkartenlänge sowie der Höhe des CPU-(Turm-) Kühlers gibt (siehe Abschnitt: „Grafikkartenlänge und Kühlerhöhe“).

Gerade PC-Spieler, die sich einen potenten Rechner als Konsolenersatz zusammenbasteln, benötigen jedoch oft nur Platz für zwei Festplatten/SSDs, ein optionales optisches Laufwerk sowie eine Grafikkarte. Für diese Konfiguration reichen eine Micro-ATX/Mini-ITX-Platine sowie ein entsprechend kleines Gehäuse. Solche kleinen Mainboards und Gehäuse sind – Designerstücke wie das Jonsbo VR1 oder das In Win 901 ausgenommen – ein paar Euro günstiger als größere Modelle. Dazu kommt, dass es – eine durchdachte Lüfterbestückung sowie ein effizientes Kammersystem wie bei unserer Micro-ATX-Empfehlung, dem Antec ISK 600M, vorausgesetzt – keine Probleme mit der Komponentenkühlung gibt. Das Vorurteil, die Kühlleistung sei bei kleinen Gehäusen grundsätzlich schlechter als im Midi oder Big Tower, hat sich in unseren Tests mit wenigen Ausnahmen nicht bestätigt.

Platinenformat als Richtgröße beim Gehäusekauf

Eines der zentralen Bauteile eines jeden Rechners ist die Hauptplatine, die auch als Steuereinheit für die genutzte Hardware fungiert. So wird die Mainboard-Größe neben den Kühlmöglichkeiten, dem Einbaukomfort sowie der restlichen Hardware, die im neuen Tower untergebracht werden soll, zu einem der wichtigsten Faktoren bei der Wahl der richtigen Hardware-Behausung. Nur wenn die Platine ohne Einschränkungen auf die meistens schon vormontierten Schraubenhalterungen passt, hat man die richtige Wahl getroffen. Dabei ist es hilfreich, dass viele Hersteller auf der Vorderseite der Mainboardhalterung die Schraubenlöcher mit

Extraordinär: Nanoxia Project S

Mit dem Project S präsentiert Nanoxia ein außergewöhnliches, aus Stahl, Aluminium und Glas gefertigtes Gehäuse im „Schubladendesign“.

Das besondere Ausstattungsmerkmal des liegend (empfohlen) und stehend nutzbaren Nanoxia-Edelgehäuses (ca. 230 Euro) ist das Innenraumdesign. Der Mainboard-Schlitten lässt sich an der Front wie eine Schublade herausziehen und so komplett entfernen. Auf diesem Schlitten werden alle Komponenten, u. a. Platinen in den Formaten Mini ITX, Micro ATX und ATX, installiert. Für Datenträger gibt es einen Schacht, der zwei 3,5- oder 2,5-Zoll-Laufwerke aufnimmt. Drei weitere 2,5-Zoll-HDDs/SSDs können an einzeln entnehmbaren Halterungen montiert werden.

Die vier Gehäuseformate im Größenvergleich

Der größte Unterschied zwischen den als Standardformat festgelegten Gehäusegrößen wird beim Innenraumvolumen (Angabe in Liter) deutlich. Während das Fractal Design Arc XL ganz links ein Volumen von 73 Litern (572 × 232 × 552 mm) bietet, kommt der kleinste Vertreter, das Fractal Design Define S Nano, gerade auf 28 Liter (344 × 203 × 412 mm).

den verschiedenen Hauptplatinenformaten kennzeichnen.

Ein Gehäuse, alle Formate

Während bei Micro-ATX-Gehäusen die Wahl der passenden Platine auf die beiden kleinsten Formate beschränkt ist, hat man als Käufer eines Midi oder Big Towers fast immer die Möglichkeit, hier Mainboards aller Größen einzubauen. Trotzdem gibt es Ausnahmen und Exoten, bei denen es zumindest in einem als Midi Tower klassifizierten Gehäuse noch eng werden kann. Eine XL-ATX-Platine wie das Gigabyte X79-UD7 (Sockel 2011) ist einer dieser Spezialfälle. Einerseits fällt die Platine breiter aus als das Standard-ATX-Modell, andererseits ist das Board so hoch, dass es mit dem in der Regel am Boden des Gehäuses positionierten Netzteil kollidiert. Wer also eine Luxusplatine besitzt, sollte zum Big Tower greifen. Ein weiterer, eher seltener Sonderfall sind E-ATX-Boards. Die sind oft sehr breit sowie mit zwei CPU-Sockeln bestückt und bedecken, in einem Midi Tower eingebaut, die Kabeldurchlässe, stoßen an nicht demontierbare Laufwerkskäfige oder gar an die Frontlüfter.

Innenraumgestaltung

Geht es um die Kühlung von Komponenten sowie viel Platz und Komfort beim Hardware-Einbau, spielt das Innenraum-Design eines Gehäues eine wichtige Rolle. Bei der klassischen Aufteilung wird die Platine mit dem I/O-Anschlüssen nach oben und den Steckplätzen nach unten in den Midi Tower eingebaut. Das Netzteil platziert man links unten am Gehäuseboden, die Laufwerkskäfige, welche im Idealfall teilweise oder komplett ausgebaut werden können, befinden sich im Frontbereich vor den Lüftern. Letztgennate kühlen mit ihrer seitlich/frontal eingesaugten Frischluft zusätzlich den Massenspeicher. Dazu kommt ein Hecklüfter, der die vom CPU-Kühler aufgewärmte Luft aus dem Gehäuse befördert.

Eine Kammer fürs Netzteil

Beim ersten alternativen Innenraum-Layout bekommt das Netzteil eine Abdeckung/Kammer spendiert, damit die vom Stromwandler abgestrahlte Hitze die Luft im restlichen Gehäuse nicht aufwärmt. Unter anderem das Phanteks Enthoo Luxe und das Anidees Crystal verfügen über so eine Innenraumgestaltung. Während Phanteks die Laufwerkskäfige im Innenraum behält und nur den Zugriff darauf auf die Rückseite legt, befinden sich die Laufwerkshalterungen beim Crystal auf der Rückseite der Mainboard-Halterung. Dieses Layout schafft Platz für die drei 140-mm-Lüfter, die in die mit Glas verzierte Front eingebaut sind. Beim für den Wakü-Einsatz und somit die Montage mehrerer großer Radiatoren konzipierten Fractal Design Define S sind ebenfalls keine Laufwerksbefestigungen im Inneren zu finden. Auch hier werden alle Datenspeicher an Halterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays befestigt. So entsteht Raum für hohe Wärmetauscher, aber auch Platz für die Befestigung weiterer Wakü-Elemente wie Ausgleichsbehälter oder Pumpen.

Effiziente Kammersysteme

Besteht der Innenraum aus einem Zwei- oder Drei-Kammer-System, hat das primär thermische Gründe. Ein aufgeräumter Innenraum wirkt sich allerdings auch positiv auf den Einbau von Komponenten und die Verlegung von Kabeln aus. Beim Thermaltake Core X9 zum Beispiel soll die durch das Netzteil sowie die Laufwerke aufgewärmte Luft nicht nach oben steigen (Kamineffekt), sondern durch die Bereiche mit Wabengitterstruktur entweichen. Im Gegenzug ist der horizontale Einbau des Mainboards gewollt, damit die nach oben abziehende verbrauchte Luft durch den Deckel und das Seitenteil entweichen kann und vom Hecklüfter aus dem Big Tower geblasen wird. Auch Fractal Designs Node 202, ein sehr kompaktes Gehäuse im Konsolen-Stil, verfügt über ein Drei-Kammer-System. Auch hier versucht man, die durch das Netzteil, die GPU und den CPU-Lüfter geschaffenen „Klimazonen“ bestmöglich abzugrenzen.

Die Platine steht kopf

Das Konzept, die Platine wie beim Corsair Carbide 600C um 180 Grad zu drehen, respektive wie im Dark Base 900 Pro verkehrt herum einzubauen, nutzt ebenfalls den Kamineffekt. Selbst wenn keine Netzteilkammer vorhanden ist, entweicht die durch den Stromspender aufgewärmte Luft direkt durch den Deckel. Im Gegenzug wird die heiße Luft in der Hauptkammer durch die Frontlüfter sowie den am Boden platzierten Hecklüfter gut gekühlt.

Grafikkartenlänge und Kühlerhöhe

Bei der Wahl eines neuen Hardwareheims muss man sich nicht nur Gedanken über die Gehäuse- und Platinengröße machen. Ein wichtiger Faktor ist auch das Ausmaß zentraler Komponenten wie der Grafikkarte oder des Prozessorkühlers. Gerade in Spiele-Rechnern kommt man nicht um einen massiven Turmkühler für den Prozesser und eine Karte mit aufwendigen Kühlkonstruktionen sowie mehreren Lüftern herum. Wer sich für einen Big Tower entscheidet, wird keine Probleme bekommen. Wir zeigen, worauf Sie achten müssen, wenn Sie Ihre Hardware in einem Midi-/Micro-/Mini-Gehäuse unterbringen wollen.

Welcher Kühler passt in welches Gehäuse?

Der größte Teil der von uns getesteten Micro-ATX-Gehäuse nimmt Turmkühler mit einer Höhe bis 150 mm auf, bei folgenden Sonderfällen darf der Turmkühler sogar noch deutlich höher sein: Fractal Design Node 804 bis 160 mm, Anides AI7M bis 168 mm, Raidmax Hyperion bis 165 mm, Bitfenix Aegis Core bis 170 mm, Antec ISK 600M bis 174 mm und Cooltek C3 bis 175 mm. Im Gegenzug gibt es Micro-ATX-Gehäuse wie das Bitfenix Pandora, bei dem die Maximalhöhe für den CPU-Kühler bei 134 mm liegt.

Turmkühler in Mini-ITX

Obwohl Mini-ITX-Gehäuse über wenig Platz verfügen, ist es erstaunlich, dass es eine Reihe von Modellen gibt, die höhere Kühler aufnehmen als den Boxed-Kühler oder eine Top-Blower-Variante wie den Be quiet Shadow Rock LP oder den Cryorig C1. Allein bei der Mini-ITX-Gehäuse-Marktübersicht der Ausgabe 12/2016 finden Sie mit dem Jonsbo VR1 (190 mm), Kolink Satellite (165 mm) und Raijintek Metis (160 mm) drei Modelle, in denen die Höhe des Prozessorkühlers die 140-mm-Grenze deutlich überschreiten darf. Zwei weitere Sonderfälle sind das Cooltek U2 mit 175 mm und das Phanteks Enthoo Evolv ITX mit 190 mm.

Kleines Gehäuse, kleine GPU?

Wie in der Tabelle zu sehen ist, gibt es auch keine GPU-Standardlängen für die einzelnen Gehäuseklassen. In einen Big Tower passen alle Modelle, unter anderem 31 cm lange Boliden. Im Midi Tower muss dafür eventuell ein Laufwerkskäfig entfernt werden. Der Großteil der von uns getesteten Micro-ATX-Gehäuse hat Platz für Grafikarten mit 24 cm Länge. Obwohl die GPU-Hersteller mittlerweile speziell für Gehäusezwerge konzipierte Modelle anbieten, haben wir sechs Mini-ITX-Gehäuse gefunden, in die auch eine über 30 cm lange Grafikkarte passt.

Die Breite (effektiv die Höhe) der Grafikkarte als Problem: Selbst ein ATX-Gehäuse wie dieses Cooler Master Elite 360 ist zu flach für den Kühler der KFA2 GTX 1080 HOF.

Grafikkartenlängen (Auswahl)

Modell	Länge	Gehäusekompatibilität
KFA² GTX 1080 Hall of Fame	31,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Zotac GTX 1070/1080 AMP! Extreme	31,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Zotac GTX 980 Ti AMP! Extreme	31,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Asus GTX 980 Ti Strix DC3OC	30,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
MSI GTX 980 Ti Lightning	30,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Powercolor RX 480 Red Devil	30,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Asus GTX 1060 Strix OC	30,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Asus RX 480 Strix OC	30,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Asus GTX 1070/1080 Strix OC	29,9 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
XFX RX 480 GTR (Black Edition)	28,4 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
MSI GTX 980 Gaming 4G	27,8 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
MSI GTX 1070/1080 Gaming X 8G	27,7 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
MSI GTX 1060 Gaming X 6G	27,7 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
MSI RX 480 Gaming X 8G	27,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
EVGA GTX 1070 SC Gaming	26,7 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Nvidia GTX 1060 Founders Edition	25,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Palit GTX 960 (Super) Jetstream	24,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX*/Mini ITX**
Asus RX 470 Strix OC	24,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
EVGA GTX 970 FTW	24,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
Sapphire RX 480 Nitro+ (OC)	24,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
Zotac GTX 1060 AMP!	21,1 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
Zotac GTX 960 AMP!	20,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
AMD Radeon R9 Fury X	19,5 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX**
Asus RX 460 Strix O4G	19,4 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
EVGA GTX 1060 (SC) Gaming	18,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
Gigabyte GTX 1070 ITX Mini OC	17,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
Asus GTX 970 Mini OC	17,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
MSI GTX 950 2GD5 OC	17,0 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
AMD Radeon R9 Nano	15,3 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX
EVGA GTX 1050 Superclocked	15,2 cm	Big/Midi Tower, Micro ATX/Mini ITX

Bemerkungen: PCGH-Messungen, absteigend nach Länge sortiert
* Nur ausgewählte Micro-ATX-Gehäuse: Fractal Design Node 804, Antec ISK 600M, Raidmax Hyperion, Bitfenix Aegis Core/Pandora
** Nur ausgewählte Mini-ITX-Gehäuse: Zalman M1, Phanteks Enthoo Evolv ITX, Jonsbo VR1, Cougar QBX, Sharkoon QB One

Kühlung & Lautheit: Die wichtigsten Leistungskriterien

Kühl dank offenem Deckel und leise dank Dämmung?

Um zusätzliche Lüfter unter dem Deckel einzubauen oder einen Abzug für die aufgeheizte Luft zu schaffen (Kamineffekt), lässt sich der Deckel des Define C entfernen. Dämmungs-Kits wie das Deluxe Dämmungs Pro Set von Cooltek verringern die Lautheit hörbar.

Fractal Design Define C: Deckel geschlossen

Fractal Design Define C: Deckel geöffnet, mit Staubschutz

Bitfenix Shinobi XL: Serienausstattung

Bitfenix Shinobi XL: mit Cooltek-Dämmung

Lüfterbestückung, Luftstrom und Platz für Radiatoren

Fractal Design liefert das Define S nur mit einem Front- und einem Hecklüfter aus. Trotzdem geht das schlichte Kühlkonzept auf: Der Frontlüfter versorgt den Innenraum mit kühler Luft, der Propeller im Heck bläst die durch die CPU und die Grafikkarte aufgeheizte Luft wieder aus dem Midi Tower heraus. Für eine geringe Geräuschkulisse sorgen dabei die Dämmung und die leisen Lüfter (2,6/2,6 Sone bei 12 V; 2,3/2,4 Volt bei 7V).

Das Fractal Design Define S ist aber auch ein sehr gutes Beispiel für ein Gehäuse, das sich besonders gut für den Einsatz einer Wasserkühlung eignet. An der Stelle, an welcher sich bei einem regulären Innenraumdesign die Laufwerkskäfige befinden, können ein hoher 3×120-mm-Radiator und/oder eine Pumpe sowie ein Wasserreservoir montiert werden. Im Deckel findet ein 3×140-mm-Wärmetauscher (maximale Höhe: 55 mm) Platz. Je eine weitere 1×140/120-mm-Variante kann am Heck und am Boden angebracht werden.

Will man niedrige Temperaturen im Gehäuse erzielen, ist es einfach, dieses mit vielen schnellen Lüftern und großzügigen Luftlöchern auszustatten. Im Gegenzug können im Innenraum eines komplett geschlossenen und gedämmten Gehäuses mit leisen oder gar keinen Lüftern gefährlich hohe Temperaturen bei zentralen Komponenten (CPU, GPU, Wandler) entstehen. Daher kommt es beim Gehäusekauf darauf an, den richtigen Kompromiss aus Lautheit und Temperatur zu finden, wobei der für Sie ideale Mittelweg natürlich auch von Ihrer persönlichen Lärmtoleranz abhängt.

Grundbestückung reicht oft

Von großen Lüftungslöchern oder -schlitzen abgesehen, ist die Anzahl und Art der serienmäßig im Gehäuse eingebauten Lüfter hauptverantwortlich für eine gute Kühlung. Damit die gewährleistet ist, sollten mindestens einer, besser noch zwei Propeller an der Front die Frischluft ins Innere befördern und mindestens ein Propeller im Heck die verbrauchte Luft wieder herausblasen. Wenn ein Top-Blow-CPU-Kühler zum Einsatz kommt oder der Hecklüfter mit dem Abführen der warmen Luft überfordert ist, sind Lüfter am Boden oder in den Seitenteilen sowie Deckelkonstruktionen wie beim Fractal Design Define C hilfreich. Erhöht man die Zahl der Propeller, steigt jedoch auch die Geräuschkulisse.

Dämmung oder leise Lüfter?

Da Hersteller nicht immer angeben, wie laut die Propeller sind oder mit welcher Drehzahl diese rotieren, prüfen wir in unseren Gehäusetests stets, wie laut die enthaltenen Lüfter unter maximaler Spannung (12 V) sind – im Gegensatz zu früheren Tests, bei denen wir Messungen mit auf 5/7 Volt reduzierter Spannung durchgeführt oder die Lüftersteuerung verwendet haben. Dabei waren meist eine Lautheitsreduktion bis zu einem Sone sowie eine messbar höhere Temperatur im Gehäuseinneren zu verzeichnen. Eine höhere Hitzeentwicklung kann auch der Preis für eine Dämmung sein, vor allem dann, wenn die Lüfterbestückung ab Werk zu mager ausfällt.

Empfehlungen der Redaktion

Nachdem wir Ihnen verraten haben, worauf Sie beim Kauf eines neuen Gehäuses achten sollten, wollen wir Ihnen einige Produktempfehlungen geben.

Testhardware im Detail

Der Vollständigkeit halber unser Testsystem: Es besteht seit Anfang 2017 aus einem Core i7-6700K, der auf einem Asus Z170I Pro Gaming sitzt und von einem Thermalright AXP-100 (Top-Blow-Kühler) mit Frischluft versorgt wird. Die Lüftersteuerung überlassen wir dem Mainboard, dessen „QFan Control" die Kontrolle übernimmt. In punkto Grafikkarte fiel unsere Wahl auf die Geforce GTX 1070 Mini ITX OC von Gigabyte. Mit dieser Hardware heizen wir nun bei allen Gehäuseklassen das Innere auf, indem wir eine Stunde den Anfang unserer fordernden Benchmarkszene in The Witcher 3 – wir testen in einem Wald auf Ard Skellig – laufen lassen.

Temperaturmessungen: Neue Methodik & Wertung

Das PCGH-Temperaturbewertungssystem basiert seit Anfang 2017 auf dem offenen Aufbau des Systems bei einer Raumtemperatur von 24 °C. Hier liegt die Temperatur des Core i7-6700K bei 60 °C, die GPU-Temperatur der GTX 1070 Mini ITX OC beträgt 67 °C (ca. 1.950 U/min Lüfterdrehung und 1.850 MHz GPU-Takt). Die Differenz zwischen der gemessenen CPU-/GPU-Temperatur und den Temperaturmesswerten beim offenen Aufbau führt zu einem sogenannten Deltawert, der in einer Umrechnung schließlich einen Notenwert ergibt. Bei der Messung der Innenraumtemperatur, die jetzt ebenfalls in die Leistungsnote einfließt, erfassen wir die Differenz zur Raumtemperatur. Um die GPU-Temperatur für die Wertung nutzen zu können, waren ein paar spezielle Vorbereitungen nötig. Damit die Mini-GTX-1070 nicht wie anfänglich bereits ab 63 °C ins Temperatur-Target läuft und ab da ihren GPU-Boost senkt, respektive die Lüfterdrehzahl hörbar anhebt, setzen wir das Temperaturlimit händisch per MSI Afterburner (auf der Heft-CD) auf 83 °C, was innerhalb Nvidias Spezifikation liegt. *(fs)*

Midi Tower: Be quiet Pure Base 600 (Window)

Ca. € 100,-

Das Pure Base 600 gibt es ohne und mittlerweile auch mit Seitenfenster aus Temperglas; Letzteres lässt sich auch nachrüsten. Mit 51 Litern fällt das Innenraumvolumen nicht üppig aus, es ist aber genug Platz für Lüfter und Radiatoren. In die Front, die durch eine Plastikabdeckung mit Alu-Look und seitlichen Lufteinlässen verdeckt wird, passen zwei 120-/ oder 140-mm-Lüfter – nach Ausbau des 5,25-Zoll-Käfigs sind es sogar drei 120-mm-Propeller. An der Gehäuseoberseite, deren Abdeckung sich stufenweise öffnen oder entfernen lässt, ist Platz für drei 120-mm- oder zwei 140-mm-Lüfter. Der 120-mm-Heckpropeller Pure Wings 2 gehört genauso zur Grundausstattung wie der bereits an der Front montierte Pure Wings 2 140 mm, zwei USB-3.0- und Audio-Anschlüsse am Front-Panel, eine dreistufige Lüftersteuerung sowie ein Staubfilter für die Frontlüfter und das Netzteil am Boden. Da sich Be quiet bei der Flexibilität im Innenaufbau des Pure Base 600 am Premiummodell Dark Base 900 orientiert, lässt sich auch in der Einsteigervariante durch Ausbau der 3,5/2,5-Zoll-Kombi-Slots und des 5,25-Zoll-Laufwerkskäfigs Platz schaffen: An der Oberseite kann man beispielsweise einen 120-mm- oder 240-mm-Wärmetauscher anbringen, und wird der 5,25-Zoll-Käfig ausgebaut, beträgt die maximale Radiatorlänge sogar 360 mm. Während für die Beschränkung der (Turmkühler-)Höhe auf 16,5 Zentimeter die geringe Breite von nur 22 cm verantwortlich ist, besteht bei langen Grafikkarten die Möglichkeit, die Laufwerkshalterungen so im Gehäuse zu verteilen, dass sie passen. Extended-ATX- und XL-ATX-Varianten passen jedoch nicht in den Midi-Tower.

Nach einer Aufheizphase von 1,5 Stunden zeigen unsere Messtools, dass das Pure Base 600 in der Lage ist, die CPU mit 68 °C und die GPU mit 70 °C bei 1.835 MHz Takt (Lüfterdrehzahl: circa 2.070 U/min) gut zu kühlen. Werte von 52 °C für die M.2-SSD und eine Innenraumtemperatur von 39,8 °C bestätigen die guten Kühleigenschaften. Zusätzlich zeigen unsere Lautheitsmessungen, dass das Pure Base 600 effektiv gedämmt wird, denn es dringen nur 1,3/1,4 Sone aus dem befensterten Midi-Tower.

Big Tower: Nanoxia Deep Silence 5 Revision B

Ca. € 120,-

Das Nanoxia Deep Silence 5 in der B-Revision beeindruckt mit einer Ausstattung, die sich auf einen leisen Betrieb, eine gute Kühlung sowie viel Platz für Laufwerke konzentriert: Das Gehäuse ist komplett gedämmt, die mit Dämmmaterial versehenen Abdeckplatten im Deckel können ausgebaut werden, um dort zwei zusätzliche 140/120-mm-Lüfter unterzubringen. Dazu kommt eine Steuerung für sechs Propeller, mit der unter anderem die Drehzahl der bereits eingebauten drei 140-mm-Modelle stufenlos regulierbar ist. Montageplätze für Laufwerke sind ebenfalls ausreichend vorhanden: Zusätzlich zu den vier 5,25-Zoll- und den elf 3,5-/2,5-Zoll-Kombischächten verfügt das Deep Silence 5 noch über einen speziellen Montagerahmen für sechs 2,5-Zoll-HDDs/-SSDs sowie einen externen 3,5-Zoll-Schacht.

Doch nicht nur die Ausstattung des Deep Silence 5 Rev. B gefällt. Der Big Tower meistert auch gut den Spagat zwischen solider Kühlung und geringer Lautheit. Temperaturen von 83 °C (CPU), 90 °C (GPU), 66,5 °C (Northbridge) und 74,9 °C an den Wandlern sind zwar nicht gerade niedrig, dafür dringen bereits bei voller Lüfterdrehzahl nur 2,2/2,4 Sone aus dem Big Tower – bei minimaler Drehzahl sind es sogar nur 1,9/2,0 Sone. Ein Mittel, die Kühlung zu verbessern, wäre der Einbau zusätzlicher Lüfter im Deckel.

GEHÄUSE: MIDI- UND BIG-TOWER

Auszug aus Testtabelle
mit 39 Wertungskriterien

Gehäuse	Shogun	Pure Base 600	Gaming GP-01B
Hersteller (Webseite)	Bitfenix (www.bitfenix.com)	Be quiet (www.bequiet.com/de)	Chieftec (www.chieftec.eu)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1548958	www.pcgh.de/preis/1559571	www.pcgh.de/preis/1493676
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 150,-/befriedigend (beide Seitenfenster aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 75,-/gut (kein Seitenfenster, gedämmt)	Ca. € 80,- /gut (Fenster/keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung	Nicht vorhanden/nicht vorhanden	Ca. € 80,-/nicht vorhanden	Nicht vorhanden/nicht vorhanden
Ausstattung (20 %)	**2,48**	**3,28**	**2,63**
Plätze für Laufwerke	6 x 3,5/2,5 Zoll, 5 x 2,5 Zoll	2 × 5,25 Zoll, 3 × 3,5/2,5 Zoll, 8 × 2,5 Zoll	2 x 5,25 Zoll, 4 x 3,5/2,5 Zoll, 2 x 2,5 Zoll
Erweiterungs-Slots (Blende)	Sieben	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Sehr ausführlich	Einfaches Faltblatt
Lüfterplätze	Deckel: 2 × 140/3 × 120 mm, Front: 2 × 140/3 × 120 mm, Heck: 1 × 140/120 mm, Seite: -, Boden: -	Deckel: 2 × 140/3x 120 mm, Front: 2 × 140/3 × 120 mm, Heck: 1 × 140/120 mm, Seite: -, Boden: -	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 3 × 120 mm, Heck: 1 x 120 mm, Seite: -, Boden:-
Vorhandene Lüfter	2 × 120 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck)	1 × 140 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck)	2 × 120 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, Audio	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0 2 x USB 2.0, Audio
Besonderheiten	Seitenteile aus Glas, „SSD-Chroma" (Halterung mit RGB-Beleuchtung für SSDs), SSD-Montage auf Rückseite der Mainboardhalterung, werkzeuglose Laufwerksbefestigung, EATX-Erweiterung montierbar, Grafikkartenhalterung (drei mitgeliefert), Staubschutz am Boden, Kabelführungs-system (Klettverschlüsse)	Dämmung enthalten, SSD-Montage auf der Rückseite der Mainboardhalterung, manuelles Lüftungssystem im Deckel, Lüftersteuerung, Staubschutz an Front und Boden, Luftschlitze im Heck	Seitenfenster (Kunststoff), RGB-Frontbeleuchtung, SSD-Montage auf Rückseite der Mainboardhalterung, Staubschutz an der Front und im Deckel mit Druck-mechanismus, Wakü-Schlauchausgänge, werkzeuglose Laufwerksbefestigung, Netzteilkammer, Grafikkarten-halterung, zweistufige Lüftersteuerung, Staubschutz an Front und Boden
Eigenschaften (20 %)	**1,49**	**1,95**	**2,01**
Material (nicht gewertet)	Stahl, Glas und Kunststoff	Stahl und Kunststoff	Stahl und Kunststoff
Gewicht (nicht gewertet)	14,0 kg	8,7 kg	8,5 kg
Abmessungen (H × B × T)/Volumen	56,5 × 25,0 × 52,5 cm/74,16 Liter	47,0 × 22,0 × 49,2 cm/50,9 Liter	45,0 × 21,0 × 51,6 cm/48,8 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler	41,0/17,5 cm	42,5/16,5 cm	43,0/16,0 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten/ Verwindungssteifheit	Gut/sehr gut/sehr gut	Gut/gut/gut	Befriedigend/gut/gut
Zusammenbau*	Sehr gut (sehr viel Platz beim Einbau, da alle Festplatten-käfige sowie die RGB-beleuchtete Halterung für zwei 2,5-Zoll-Laufwerke entfernt werden können/EATX-Erweiterung für sehr breite Platinen)	Sehr gut; viel Platz trotz nur rund 51 Liter Innenraum, da nicht nur die 3,5/2,5-Zoll-Kombi-Laufwerkshalterungen entfernt werden können, sondern bei Bedarf auch der 5,25-Zoll-Laufwerkskäfig	Sehr gut (sehr viel Platz beim Einbau, da sich die Lauf-werkskäfige in der Netzteilkammer befinden/nützliche Aussparung für Kabel in der Netzteilkammer/Grafikkarten-halterung kann verschoben oder demontiert werden)
Besonderheiten beim Zusammenbau	Festplattenkäfig herausnehmbar/Laufwerkshalterungen auf der Rückseite demontierbar, Hecklüfter für Wakü verschiebbar, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, Kabelmanagement auf der Rückseite, mäßige Entkoppelung der HDDs	Festplattenkäfig herausnehmbar/Laufwerkshalterungen auf der Rückseite demontierbar, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, Kabel-management auf der Rückseite, mäßige Entkoppelung der HDDs	2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen auf der Rückseite de-montierbar, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, Lüftersteuerung (zwei Stufen), Kabelmanagement auf der Rückseite, sehr gute Entkop-pelung der HDDs
Praxisprobleme	Keine Probleme	Keine Probleme	Keine Probleme
Kompatibilitätstest	XL-ATX passt nicht	Extended- und XL-ATX passen nicht	XL-ATX passt nicht
Leistung (60 %)	**2,32**	**2,19**	**2,62**
Temperatur CPU	66 °C	68 °C	65 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl, Takt)	69 °C (2.040 U/Min, 1.835 MHz	70 °C (2.071 U/min/1.835 MHz)	71 °C (2.070 U/Min, 1.835 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse/M.2-SSD	32 °C/48 °C	39,8 °C/52 °C	37 °C/49 °C
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal/schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,7/1,8 Sone	1,3/1,4 Sone	2,2/2,1 Sone
FAZIT	⊕ Temperatur CPU und Innenraum ⊕ Leise Lüfter, gute Dämmung durch Glas-Seitenteile ⊖ Ausstattung: keine Lüftersteuerung	⊕ Niedrige Lautheit dank Dämmung ⊕ Alle Laufwerkshalterungen demontierbar ⊖ Durchschnittliche Ausstattung	⊕ Umfangreiche Ausstattung ⊕ Kühlung von CPU und GPU ⊖ Lautheit der Lüfter
	Wertung: **2,18**	Wertung: **2,38**	Wertung: **2,50**

*** System:** Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 Grad Temp-Target), 2 x 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Themalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Corsair Corsair RM 550X/550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

GEHÄUSE: MIDI- UND BIG-TOWER

Auszug aus Testtabelle
mit 39 Wertungskriterien

Gehäuse	Carbide 270R	S25-W	Project S
Hersteller (Webseite)	Corsair (www.corsair.com)	Sharkoon (http://de.sharkoon.com)	Nanoxia (www.nanoxia-world.com)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1541450	www.pcgh.de/preis/1514715	www.pcgh.de/preis/1502611
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 70,-/befriedigend bis gut (Seitenfenster/keine Dämmung)	Ca. € 50,-/sehr gut (Seitenfenster/keine Dämmung)	Ca. € 230,-/ausreichend (Seitenteil/Deckel aus Glas/keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung	Ca. € 70,-/nicht vorhanden	Ca. € 40,-/nicht vorhanden	Nicht vorhanden/nicht vorhanden
Ausstattung (20 %)	**4,04**	**3,88**	**3,07**
Plätze für Laufwerke	2 x 3,5/2,5 Zoll, 2 x 2,5 Zoll	2 x 5,25 Zoll oder 1x 3,5 Zoll und 2 x 2,5 Zoll, 2 x 3,5/2,5 Zoll, 4 x 2,5 Zoll	2 x 3,5/2,5 Zoll, 3 x 2,5 Zoll
Erweiterungs-Slots (Blende)	Sieben	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Normal	Sehr ausführlich
Lüfterplätze	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 2 × 140/3 x 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: -, Boden: -	Deckel: 2 × 140/3 x 120 mm, Front: 2 × 140/120 mm, Heck: 1 × x 120 mm, Seite: -, Boden (auf der Netzteilkammer: 1 × 120 mm	Deckel (rechte Seite): 3 × 120 mm, Front: 2 × 140/120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: -, Boden (linke Seite): 2 × 120 mm
Vorhandene Lüfter	1 × 120 mm (Front, beleuchtet), 1 × 120 mm (Heck)	2 × 120 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck, beleuchtet)	1 × 120 mm (Heck)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, 1 × USB 3.1, Audio
Besonderheiten	Seitenfenster, beleuchtete Lüfter., SSD-Montage auf Rückseite der Mainboardhalterung, Netzteilkammer, Staubschutz an Front und Boden	Seitenfenster, beleuchteter Lüfter, SSD-Montage auf Rückseite der Mainboardhalterung, Netzteilkammer, magnetischer Staubschutz für den Deckel, Staubschutz an Front und Boden	Seitenfenster (Deckel) aus Glas, RGB-Frontbeleuchtung, Mainboardschlitten als Schublade, SSD-Montage auf der Innenseite der Mainboardhalterung, Staubschutz mit Mechanismus an der Front, magnetischer Staubschutz für beide Seiten (Boden/Deckel), Kabelführungssystem (Klettverschlüsse), Staubschutz an Front und Heck, magnetischer Staubschutz für den Hecklüfter
Eigenschaften (20 %)	**2,03**	**2,33**	**1,59**
Material (nicht gewertet)	Stahl und Kunststoff	Stahl und Kunststoff	Aluminium, Stahl und Glas
Gewicht (nicht gewertet)	7,3 kg	6,5 kg	11,7 kg
Abmessungen (H × B × T)/Volumen	46,0 × 21,0 × 50,9 cm/49,16 Liter	46,5 × 21,0 × 45,0 cm/43,9 Liter	49,0 × 25,0 × 42,3 cm/51,8 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler	37.0/17,0 cm	40.0/16,7 cm	40,0/17,0 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten /Verwindungssteifheit	Gut/gut/sehr gut	Gut/gut/gut	Sehr gut/sehr gut/sehr gut
Zusammenbau*	Gut (ausreichend Platz für den Einbau der Platine und der GPU/Aussparung für Kabel in der Netzteilkammer hilfreich)	Gut (genug Platz für den Einbau der Platine und der GPU/ Aussparung zum Durchführen der Kabel in der Netzteilkammer hilfreich/wenig Platz für Netzteileinbau)	Sehr gut/sehr viel Platz, da die drei 2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen mit zwei Schrauben ausgebaut werden können/sehr einfache Montage aller Komponenten dank des Schubladensystems für den Innenraum (Mainboardhalterung)
Besonderheiten beim Zusammenbau	Laufwerkshalterungen auf der Rückseite demontierbar, Hecklüfter für Wakü verschiebbar, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	Laufwerkshalterungen auf der Rückseite demontierbar, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen demontierbar, Schubladensystem für Innenraum, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, sehr gute Entkoppelung der HDDs
Praxisprobleme	Keine Probleme	Mittel (aufgrund eines Falzes an der obersten Slot-Blende können das HDMI- oder DP-Kabel nicht komplett eingesteckt werden, wenn die Grafikkarte festgeschraubt ist)	Keine Probleme
Kompatibilitätstest	Extended- und XL-ATX passen nicht	Extended- und XL-ATX passen nicht	XL-ATX passt nicht
Leistung (60 %)	**2,37**	**2,33**	**2,91**
Temperatur CPU	66 °C	67 °C	70 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl, Takt)	71 °C (2.080 U/Min, 1.848 MHz)	72,0 °C (2.095 U/Min, 1.835 MHz)	76 °C (2.260 U/Min, 1.835 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse/M.2-SSD	37 °C/52 °C	43 °C/50 °C	45 °C/51 °C
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal/schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,6/1,8 Sone	1,4/1,6 Sone	1,9/2,3 Sone
FAZIT	⊕ Kühlung von CPU und GPU ⊕ Leise Lüfter trotz fehlender Dämmung ⊖ Wenig Ausstattung (u. a. keine Lüftersteuerung)	⊕ Preis im Verhältnis zur Ausstattung/Leistung ⊕ Sehr leise Lüfter ⊖ Problem mit Anschluss von HDMI/DP-Kabel	⊕ Sonderausstattung (Schublade/kein Plastik) ⊕ Ordentliche Kühlung trotz Kühler-Minimalbestückung ⊖ GPU wird zu warm/Innenraumtemperatur
	Wertung: **2,64**	Wertung: **2,64**	Wertung: **2,68**

*** System:** Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 Grad Temp-Target), 2 x 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Themalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Corsair Corsair RM 550X/550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

Die OCZ SSD-Lösungen bedienen die Bedürfnisse unterschiedlichster Kundengruppen. In jedem OCZ-SSD stecken Toshiba Qualität und Know-How. Toshiba ist bestrebt, neben High-Speed-Speicherlösungen hochwertige Produkte mit erstklassigem Service und Support zu liefern. Daher bieten wir die OCZ-SSDs mit einem ‚Advanced Warranty Programm'* an. Zusammen mit der SSD-Utility-Management-Software** haben Sie die Kontrolle über Ihre SSD.

Halle 14/15, Stand F64
20. – 24. März 2017
CeBIT

*Einzelheiten zum ‚Advanced Warranty Program' finden Sie unter https://ocz.com/de/support/advanced-warranty.
**Einzelheiten zur ‚SSD-Utility-Management-Software' finden Sie unter https://ocz.com/de/download/ssd-utility.
Die hierin enthaltenen Abbildungen und Texte sind teils durch Schutzrechte, d.h. Marken- und/oder Urheberrechte, zugunsten der Toshiba Corporation und/oder deren Tochtergesellschaften und/oder zugunsten Dritter geschützt. Dies gilt insbesondere für die folgenden Begriffe: „NVMe™" ist eine Marke der NVM Express, Inc.; „PCIe™" ist eine registrierte Marke der PCI-SIG. „OCZ" ist eine eingetragene Marke der Toshiba Corporation und/oder der Tochtergesellschaften. © Toshiba Corporation, alle Rechte vorbehalten.

Toshiba Electronics Europe GmbH, Hansaallee 181, D-40549 Düsseldorf

Autorisierte Handelspartner:
ALTERNATE bequem online alternate.de
cyberport cyberport.de
digitec.ch digitec.ch
reichelt elektronik reichelt.de

Spannende Stromspender

Ohne Stromversorgung läuft kein Spielerechner – doch es kommt nicht nur auf reine Leistung an, andere Kriterien sind bei der Kaufentscheidung ebenso wichtig. Wir geben einen Überblick.

Netzteile gehören nicht zu den PC-Komponenten, die besonders häufig ausgetauscht werden – doch gerade deshalb will die Kaufentscheidung gut überlegt sein. Denn von den Eigenschaften der Stromversorgung ist das ganze System abhängig. Abgesehen von der reinen Leistung sind es vor allem Effizienz, Lautheit und Schutzschaltungen, die in die Überlegungen bei der Netzteilwahl mit einbezogen werden sollten. Weitere Kriterien betreffen etwa den Verbrauch im Standby-Modus, die Restwelligkeit oder die Spannungsregulation. Die Unterschiede in der Preisspanne, den Anwendungskontexten und den jeweiligen Zielgruppen der mittleren und obere Wattklasse sind signifikant; wir teilen unsere Übersicht daher in zwei Abschnitte: typische Gaming-PC-Netzteile bis 650 Watt und Netzteile für High-End-Ansprüche (750 bis 1.000 Watt).

NETZTEILE AB 500W

Ermittelt gemäß Testmethodik seit PCGH-Ausgabe 10/2015.

Produkt	Dark Power Pro 11 550 Watt	Digifanless 550 Watt	Leadex Platinum 550 Watt	RMi Series RM650i
Modellnummer	P11-550W	NT3B	SF-550F14M	CP-9020081-EU
Hersteller	Be quiet	Enermax	Super Flower	Corsair
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 135 Euro/gut	Ca. 200 Euro/befriedigend	Ca. 120 Euro/sehr gut	Ca. 115 Euro/ gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1318886	www.pcgh.de/preis/1236229	www.pcgh.de/preis/1287434	www.pcgh.de/preis/1279304
Dauerleistung (Herstellerangabe)	550 Watt	550 Watt	550 Watt	650 Watt
Ausstattung (20 %)	**1,08**	**1,31**	**1,74**	**1,41**
Kabellänge SATA-/Molex-Stecker	60-91 cm/60-105 cm	61-91 cm/44-89 cm	49-91 cm/49-89 cm	40-87 cm/44-72 cm
Anschlüsse Floppy/PATA/SATA	1/6/8 Stück	1/4/8 Stück	1/5/10 Stück	(2)/7/8 Stück
12-V-Anschluss/ATX-Stecker (Länge)	4+4-Pin (70 cm), 8-Pin (70 cm)	1 × 4+4-Pin(57 cm)/ 20+4-Pin (64 cm)	1 × 4+4-Pin (65 cm)/20+4-Pin (55 cm)	1 × 4+4-Pin (64 cm) 20+4-Pin (59 cm)
PCI-E-Anschlüsse (Länge)	4 × 6+2-Pin, 1× 6-Pin (60 cm)	4 × 6+2-Pin (49 cm)	1 × 2 6+2-Pin (53, 63 cm), 1× 6+2-Pin (54 cm)	2 × 2 6+2-Pin (58 , 72 cm)
Modulares Kabelsystem	Ja, teilmodular	Ja, vollmodular	Ja, vollmodular	Ja, vollmodular
Lüfteranschlüsse	Ja, 4 Stück mit Steuerung	Nein	Nein	Nein
Kühlsystem (Größe Lüfter, Art des Lagers)	135 Millimeter, FDB-Lager	Passive Kühlung	135 Millimeter, FDB-Lager	135 Millimeter, FDB-Lager
Handbuch/Garantie	Ja, Deutsch/5 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre
Schutzmechanismen	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OCP (3,3V/5V), OPP	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP
Überprüfung der Schutzschaltungen	Bestanden	Bestanden	Bestanden	Bestanden
Zubehör/Sonstiges	Kaltgerätestecker, Tasche, Kunststoff- u. Klett-Kabelbinder, Rändelschrauben, Schrauben,OC-Key	Digitaltechnik, Kaltgerätestecker, Klett-Kabelbinder, Tasche, Schrauben, Sticker, Cordguard	Kaltgerätestecker, Tasche, Schrauben	Kaltgerätestecker, Tasche, Kunststoff-Kabelbinder, Link-Kabel, Sticker, Schrauben
Eigenschaften (20 %)	**1,30**	**1,15**	**1,23**	**1,30**
Kondensatoren primär	2× Rubycon 220µF, 450 V, 105°C	Nippon-Chemicon 470 µF, 400 V, 105°C	Nippon-Chemicon 560 µF, 400 V, 105°C	Nippon-Chemicon 680 µF, 400 V, 105°C
Kondensatoren sekundär	Nippon-Chemicon, Rubycon 105°C, Polymer	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer
Abmessungen L × B × H (Überlänge)	180 × 150 × 86 mm	175 × 150 × 86 mm	165 × 150 × 86 mm	165 × 150 × 86 mm
Belastbarkeit +3,3 V und +5 V	110 Watt	100 Watt	100 Watt	130 Watt
Belastbarkeit +12 V/Schienen	540 Watt	540 Watt	549,6 Watt	648 Watt
Aufteilung +12-V-Schienen	Sinnvoll, umschaltbar per OC-Key	Single Rail, per Software umschaltbar	Single Rail	Teilw. Corsair-Link-gesteuert
Leistung (60 %)	**1,46**	**1,55**	**1,48**	**1,58**
Prüfung 80-Plus-Zertifizierung (115 Volt)	Bestanden	Bestanden	Bestanden	Bestanden
Effizienz 10/20/50/100 %*(230 Volt)	87,0/91,5/93,6/92,3 %	83,0/90,2/92,4/91,6 %	87,6/91,3/93,0/91 %	84,2/89,5/91,9/90,1 %
Effizienz 25/90/250/500 Watt	77,3/91,0/93,6/92,8 %	70,6/90,7/93,0/92,0 %	76,2/91,1/93,1/91,9	69,7/87,7/91,9/91,4 %
Lautstärke 10/20/50/80/100 %*	0,1/0,1/0,1/0,4/0,5 Sone	<0,1/<0,1/<0,1/0,1/0,1 Sone	0,1/0,1/0,1/0,4/0,4 Sone	0,1/0,1/0,1/0,5/0,8 Sone
Leistungsaufn. Soft-off/Effizienz 45 mA EuP	0,20 Watt, 49 %	0,20 Watt/ 47 %	0,28 Watt/ 42 %	0,16 Watt/51 %
Leistungsfaktorkorrektur (PFC) 10 bis 100 %*	89-99 %	80-98%	77-98 %	80-99 %
Restwelligkeit in mV**	Kleiner 25/25/120/25/50	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 25/25/120/25/50	Kleiner 25/25/120/25/50
Spannungsregulation	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
FAZIT	⊕ Sehr gute Messwerte ⊕ Korrekt gesichertes Multi-Rail ⊕ Sehr leise mit aktiver Kühlung	⊕ Gute Messwerte ⊕ Lüfterlos, extrem leise Elektronik ⊖ Hoher Preis	⊕ Hervorragende Messwerte ⊕ Passiv bis mittlere Last, sehr leise ⊕ Hochwertige Technik	⊕ Sehr gute Messwerte ⊕ Leise ⊖ Corsair Link nicht perfekt
	Wertung: **1,35**	Wertung: **1,42**	Wertung: **1,48**	Wertung: **1,49**

* Auslastung ** +5V, +12V, -12V, +3,3V, +5Vsb

Die Netzteil-Mittelklasse: 500 bis 650 Watt

Für Anwender mit Single-Grafikkarten-Systemen und moderaten Übertaktungsambitionen eignet sich der Leistungsbereich zwischen 500 und 650 Watt sehr gut, denn Spielerechner mit nur einer Grafikkarte – neben der CPU die energiehungrigste Komponente im System – benötigen in der Regel deutlich weniger Energie und haben mit einem solchen Netzteil ausreichende Reserven für moderates Overclocking. Diese Kategorie stellt daher, mindestens hierzulande, den wohl absatzstärksten Bereich bei Netzteilen dar. Für Gaming-PCs ist dabei besonders ein Wirkungsgrad ab 80 Plus Gold interessant. Die typische Preisspanne für Netzteile dieser Effizienzklasse sowie ab 500 Watt liegt zwischen rund 70 und 130 Euro. Exoten wie das Enermax Digifanless (ab circa 200 Euro) sind eine Ausnahme, denn hier müssen besonders hochwertige Komponenten sowie gegenüber aktiv belüfteten Netzteilen zusätzliche Kühlkörper installiert werden. Grundsätzlich können Sie bei der Auswahl in unserer Testtabelle nichts völlig falsch machen; alle Probanden schneiden mit Einser-Wertungen ab und eignen sich vorbehaltlos für den Einsatz in einem Spielerechner.

Es kommt daher vor allem auf persönliche Vorlieben an: Soll das Wunschnetzteil beispielsweise in einem Silent-System zum Einsatz kommen und höchsten Anforderungen an die Betriebslautstärke – ergo deren Abwesenheit – gewachsen sein, hilft ein Blick in unsere Messungen im unteren Drittel der Tabelle: Dort sind die jeweils im schallisolierten Labor ermittelten Lautheitswerte bei 10, 20, 50, 80 und 100 Prozent Last aufgeführt. Bleibt das Netzteil selbst bei vollständiger Belastung deutlich unter 1,0 Sone, können Silent-Fanatiker bedenkenlos zugreifen. Von besonderem Interesse sind dabei das Dark Power Pro 11 von Be quiet mit integrierter Lüftersteuerung sowie das gänzlich lüfterlose Digifanless 550W von Enermax, das nicht nur auf einen Lüfter verzichtet, sondern zusätzlich zur Vermeidung elektrischer Störgeräusche optimiert wurde. Auch Accessoires wie der gummierte Entkopplungsrahmen beim Antec Edge 550W sind in diesem Zusammenhang nützlich.

Eine Frage individueller Präferenz ist auch die Wahl zwischen einer sogenannten Single- oder Multi-Rail-Ausführung. Beide Varianten haben

LC-Power GP4 Series LC6560 560W

Günstiger Gold-Standard: Mit dem LC6560GP4 von LC-Power ist eine hohe 80-Plus-Gold-Effizienz auch schon für kleines Geld zu haben. Schon für unter 70 Euro gibt es hier teilmodulares Kabelmanagement, automatische Erkennung der Eingangsspannung und zwei getrennte 12-Volt-Schienen (22/21A). Mit OVP, UVP, OCP, OPP, SCP, OTP sind alle wichtigen Schutzschaltungen mit an Bord. Ein temperaturgesteuerter 140-Millimeter-Lüfter kühlt die innen liegenden Komponenten. Besondere Extras wie dedizierte Lüfteranschlüsse oder eine integrierte Lüftersteuerung entfallen zwar, in Anbetracht der für Single-GPU-Betrieb ausgelegten Nennleistung von 560W sind aber sowohl Anschlüsse als auch Abmessungen sinnvoll dimensioniert. LC-Power gewährt drei Jahre Garantie auf das Gerät.

Be Quiet Dark Power Pro 11 550W

Bei der Neuauflage des Topmodells aus dem eigenen Hause hat Be quiet alles richtig gemacht: Mit luxuriöser Kabelausstattung, 80-Plus-Platinum-Effizienz, hochwertigen FSP-Komponenten und einer integrierten Lüftersteuerung für bis zu vier Gehäuselüfter werden die sehr guten Spannungs- und Restwelligkeitswerte angemessen ergänzt. Dabei stellt Be quiet sowohl Anhänger von Single- als auch von Multi-Rail-Aufteilungen zufrieden, denn es kann zwischen beiden Varianten manuell umgeschaltet werden. Vollmodulares Kabelmanagement, eine durchweg niedrige Lautheit in allen Laststufen bis 100 Prozent sowie fünf Jahre Garantie runden das Komplettpaket beim Testsieger der letzten PCGH-Netzteil-Marktübersicht ab. Mit rund 135 Euro ist das Dark Power Pro 11 allerdings nicht gerade günstig zu haben.

ihre Vor- und Nachteile: Single-Rail-Netzteile verzichten auf eine Unterteilung der 12-Volt-Schiene, wodurch allen hiervon versorgten Komponenten (z. B. Grafikkarten, CPU und Mainboard) theoretisch die volle Leistung des Netzteils zur Verfügung steht. Das spart in erster Linie Fertigungsaufwand, kann im Fall eines (schleichenden) Kurzschlusses durch defekte Systemkomponenten aber dazu führen, dass das Netzteil den Betrieb zu spät einstellt.

Multi-Rail-Ausführungen verteilen die 12-Volt-Schiene hingegen auf mehrere Leitungen mit begrenzter Stromstärke, was die Fertigung zwar verkompliziert, dafür aber den Schutz vor Kurzschlüssen und Überbelastungen dank der niedrigeren Belastbarkeit der Schienen erhöht. Die Erstplatzierten in unserer „gehobenen Mittelklasse" setzen deshalb gleich auf variable Lösungen mit flexibler, weil manuell umschaltbarer Schienenaufteilung; im Falle des Corsair RM650i geschieht dies sogar softwareseitig über „Corsair Link". Bei Netzteilen um 550 Watt stellt Multi-Rail aber keine absolute Must-have-Funktion dar, weil nicht erkannte Überlastungen aufgrund ihrer begrenzten maximalen Nennleistung weniger schädlich ausfallen als etwa bei 1.000-Watt-Hochleistungsgeräten.

Moderne Netzteile verfügen zudem über eine große Zahl an Schutzschaltungen, von denen einige auf keinen Fall fehlen sollten, manche wiederum optional sind. In unserer Auswahl ist von diesen Schutzmechanismen lediglich OTP – Over-temperature Protection, der Überhitzungsschutz – nicht durchgängig vertreten. Dieser schaltet das Gerät im Ernstfall ab, bevor Netzteil- oder umliegende Komponenten durch zu hohe Betriebstemperaturen Schaden nehmen.

Unbedingt sollte auch die Frage der Verkabelung in die Kaufentscheidung einbezogen werden. Moderne Netzteile verfügen entweder über teil- oder vollmodulares Kabelmanagement: Dabei sind mit Ausnahme des standardmäßigen 24-Pol-Mainboard-Kabels alle Strippen abnehmbar, im letzteren Fall können sogar die für den PC-Betrieb eigentlich unverzichtbaren Kabel ausgetauscht werden – beide Varianten vereinfachen den Einbau und ermöglichen Perfektionisten den Einsatz optionaler, z.B. gesleevter Kabelsätze. Grundsätzlich sollten Sie reflektieren, welche Kabel im PC-Gehäuse an welchen Stellen verlegt werden sollen und wie viel Platz dafür nötig ist. Mithilfe der unten angegebenen Kabellängen stellen Sie außerdem sicher, dass an kritischen Stellen kein Engpass entsteht oder Verlängerungen zugekauft werden müssen.

Die Netzteil-Oberklasse: 700 bis 1.000 Watt

Netzteile ab 700 Watt aufwärts liefern mehr Leistung, als ein Single-GPU-System im Alltagsgebrauch benötigt – umso interessanter sind sie für SLI- oder Crossfire-Konfigurationen, also Rechner mit mehr als einer Grafikkarte, sowie für Extrem-Übertakter. Mit der höheren Ausgangsleistung geht zwar tendenziell auch ein höherer Preis einher, insbesondere in den oberen Effizienklassen (80 Plus Gold und höher). Wer sich zwei oder

NETZTEILE AB 500W

Ermittelt gemäß Testmethodik seit PCGH-Ausgabe 10/2015.

Produkt	V550	G2 550 Watt	Edison M 550 Watt	Edge 550 Watt
Modellnummer	RS-550-AFBA-G1	220-G2-0550-Y3	FD-PSU-ED1B-550W	0-761345-05055-5
Hersteller	Cooler Master	EVGA	Fractal Design	Antec
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 95 Euro/ befriedigend	Ca. 100 Euro/ befriedigend	Ca. 110 Euro/befriedigend	Ca. 100 Euro/ befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1325567	www.pcgh.de/preis/1297440	www.pcgh.de/preis/1189076	www.pcgh.de/preis/1136283
Dauerleistung (Herstellerangabe)	550 Watt	550 Watt	550 Watt	550 Watt
Ausstattung (20 %)	**1,87**	**1,67**	**1,51**	**1,75**
Kabellänge SATA-/Molex-Stecker	45-68 cm/45-68 cm	50-69 cm/48-67 cm	38-77 cm/33-62 cm	40-80 cm/50-70 cm
Anschlüsse Floppy/PATA/SATA	1/3/6 Stück	(1)/9/3 Stück	(1)/5/6 Stück	1/3/8 Stück
12-V-Anschluss/ATX-Stecker (Länge)	1 × 4+4-Pin (60 cm), 20+4-Pin (55 cm)	1 × 4+4-Pin (68 cm), 20+4-Pin (58 cm)	1 × 4+4-Pin (70 cm), 20+4-Pin (55 cm)	1 × 4+4-Pin (65 cm), 20+4-Pin (55 cm)
PCI-E-Anschlüsse (Länge)	1 × 2 6+2-Pin (48, 58 cm)	1 × 2 6+2-Pin (65, 78 cm), 1 × 6+2-Pin (68 cm)	2 × 2 6+2-Pin (53, 62 cm)	1 × 2 6+2-Pin (54, 63 cm)
Modulares Kabelsystem	Ja, vollmodular	Ja, vollmodular	Ja, teilmodular	Ja, vollmodular
Lüfteranschlüsse	Nein	Nein	Nein	Nein
Kühlsystem (Größe Lüfter, Art des Lagers)	120 Millimeter, FDB-Lager	135 Millimeter, Kugellager	120 Millimeter, FDB-Lager	135 mm, FDB-Lager, abschaltb. LED
Handbuch/Garantie	Kurzanleitung/5 Jahre	Ja, Englisch/7 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre
Schutzmechanismen	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OCP (3,3V/5V), OPP	OVP, UVP, SCP, OPP, OCP, OPP	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP
Überprüfung der Schutzschaltungen	Bestanden	Bestanden	Bestanden	Bestanden
Zubehör/Sonstiges	Kaltgerätestecker, Tasche, Kabelbinder, Schrauben	Kaltgerätestecker, Tasche, Klett-Kabelbinder, FDD-Adaper, Prüfstecker, Schrauben	Kaltgerätestecker, FDD-Adapter, Klett-Kabelbinder, Tasche, Schrauben	Kaltgerätestecker, Entkopplungsrahmen in Schwarz & Rot, Schrauben
Eigenschaften (20 %)	**1,15**	**1,38**	**1,23**	**1,30**
Kondensatoren primär	Nippon-Chemicon 390 µF, 450 V, 105°C	Nippon-Chemicon 470 µF, 400 V, 105°C	Nippon Chemicon 330µF, 420 V, 105°C	Rubycon 330µF, 420 V, 105°C
Kondensatoren sekundär	Nippon-Chemicon, Rubycon 105°C, Polymer	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Rubycon, Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Rubycon, Nippon-Chemicon 105°C, Polymer
Abmessungen L × B × H (Überlänge)	140 × 150 × 86 mm	165 × 150 × 86 mm	165 × 150 × 86 mm	170 × 150 × 86 mm
Belastbarkeit +3,3 V und +5 V	100 Watt	110 Watt	100 Watt	100 Watt
Belastbarkeit +12 V/Schienen	540 Watt	549,6 Watt	540 Watt	540 Watt
Aufteilung +12-V-Schienen	Single Rail	Single Rail	Single Rail	Sinnvoll, korrekt dokumentiert
Leistung (60 %)	**1,68**	**1,75**	**1,96**	**1,98**
Prüfung 80-Plus-Zertifizierung (115 Volt)	Bestanden	Bestanden	Bestanden	Bestanden
Effizienz 10/20/50/100 %*(230 Volt)	89,7/92,3/92,4/89,5 %	80,9/87,10/90,8/90,0 %	83,0/88,6/91,7/90 %	82,8/88,4/91,5/89,3 %
Effizienz 25/90/250/500 Watt	82,3/92,0/92,7/90,6 %	69,9/87,0/91,0/90,8 %	70,2/88,5/91,6/90,70 %	70,3/88,3/91,4/90,3 %
Lautstärke 10/20/50/80/100 %*	0,5/0,5/0,5/0,9/1,2 Sone	0,1/0,1/0,6/0,6/0,7 Sone	0,4/0,4/0,4/1,1/1,8 Sone	0,4/0,4/0,4/1,2/1,6 Sone
Leistungsaufn. Soft-off/Effizienz 45 mA EuP	0,21 Watt/ 44 %	0,26 Watt/ 42 %	0,19 Watt/ 47 %	0,19 Watt/ 47%
Leistungsfaktorkorrektur (PFC) 10 bis 100 %*	75-98 %	69-97 %	90-99%	89-99 %
Restwelligkeit in mV**	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 25/25/120/25/50	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 40/60/120/40/50
Spannungsregulation	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Gut
FAZIT	⊕ Hoher Wirkungsgrad für Gold ⊕ Hochwertige Technik ⊕ Vollmodular & kompakt	⊕ Sehr gute Messwerte ⊕ 7 Jahre Garantie ⊕ Vollmodular	⊕ Gute Messwerte ⊕ Hochwertige Technik ⊖ Lautstärke bei Volllast	⊕ Gute Messwerte, Optik ⊕ Hochwertige Technik ⊖ Könnte bei Volllast leiser sein
	Wertung: **1,61**	Wertung: **1,66**	Wertung: **1,72**	Wertung: **1,80**

* Auslastung ** +5V, +12V, -12V, +3,3V, +5Vsb

mehr Grafikkarten leisten kann, wird allerdings kaum am Netzteil sparen wollen. Darüber hinaus gilt der High-End-Bereich als Innovationsträger; Entwicklungen, die sich hier durchsetzen, können sich später auch in preiswerteren Segmenten etablieren.

In unserer Auswahl zu hochklassigen Netzteilen greifen wir auf die letzte PCGH-Marktübersicht in diesem Bereich zurück und reduzieren diese auf vier Geräte zwischen 220 und 120 Euro, die im Test hervorragend abschnitten und unverändert gut verfügbar sind. Als Auswahlhilfen für den Kauf gelten grundsätzlich dieselben Kriterien wie in der mittleren Wattklasse, allerdings sind der Einsatz hochwertiger Bauteile sowie die Lautheit in dieser Kategorie besonders wichtig, schließlich muss bei einem voll ausgelasteten 1.000-Watt-Netzteil selbst bei hoher Effizienz noch ein beträchtliches Maß an Abwärme abgeführt werden. Die Elektronik muss anspruchsvolle symmetrische wie asymmetrische Lasten (Crossloads) schultern können; vor allem Letztere sind für High-End-Gaming-PCs typisch, bei denen die 12-Volt-Schienen durch Grafikkarten stark, die 5-Volt- und 3,3-Volt-Leitungen hingegen nur wenig belastet werden. Mit dem Corsair HXi, dem Seasonic Platinum, dem Be quiet Straight Power 10 und dem EVGA G2 können Sie hier jeweils wenig falsch machen: Alle Geräte erwiesen sich als äußerst laufruhig und sind allenfalls unter Volllast leicht hörbar. Abgesehen vom Straight Power 10 setzt man jeweils auf semipassiven Betrieb; die Lüfter laufen also erst im Bedarfsfall an. Auf Primär- und Sekundärseite kommen bei allen Netzteilen sogenannte First-Tier-Kondensatoren zum Einsatz, die für die Lebensdauer eines Netzteils entscheidend sind. Das Vertrauen der Hersteller in die Haltbarkeit ihrer Geräte drückt sich auch in üppigen Garantielaufzeiten von bis zu zehn Jahren aus.

Konsequenterweise sind auch in der High-End-Auswahl alle Netzteile mit modularem Kabelmanagement realisiert; besonders wichtig ist hier aber die Anzahl der 6+2-Pol-PCIe-Anschlüsse und -Kabel, damit Multi-Grafikkarten-Systeme umstandslos angeschlossen und versorgt werden können. Auch hier gibt sich keiner der Kandidaten eine Blöße. Auf eine sichere Multi-Rail-Aufteilung verzichtet lediglich der günstigste Vertreter im Feld, das EVGA Supernova G2 850. Aufgrund der besonders hohen Effizienz der beiden Erstplatzierten (80 Plus Platinum) sind diese preislich etwas höher angesiedelt. Das HX1000i punktet zusätzlich mit seiner Link-Software, deren Mehrwert jedoch überschaubar ausfällt.

Fazit

Durchweg hohes Niveau

Die Leistungsdichte in unserer Netzteil-Auswahl ist hoch, einen Fehlgriff landen Sie mit keinem der Netzteile. Sowohl für preisbewusste Nutzer als auch für Premium-Ansprüche sind die passenden Modelle vertreten – selbstverständlich mit entsprechenden Preisunterschieden. Bei 80-Plus-Gold-Kandidaten unter 100 Euro ist höchstens die Lautstärke unter Volllast zu monieren, diese wird jedoch in den meisten PCs nicht erreicht.

NETZTEILE AB 700 W

Ermittelt gemäß Testmethodik seit PCGH-Ausgabe 10/2015.

Produkt	HX1000i	Platinum Series 760W	Straight Power 10 700W CM	SuperNova G2 850W
Modellnummer	CP-9020033-EU	SS-760XP2	BN236	220-G2-0850-XR
Hersteller	Corsair	Seasonic	Bequiet	EVGA
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	ca. 215 Euro/gut	ca. 170 Euro/befriedigend	ca. 120 Euro/gut	ca. 120 Euro/sehr gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1145509	www.pcgh.de/preis/874979	www.pcgh.de/preis/1165610	www.pcgh.de/preis/1083961
Maximalleistung (Herstellerangabe)	1.000 Watt	760 Watt	700 Watt	850 Watt
Ausstattung (20 %)	**1,06**	**1,57**	**1,40**	**1,91**
Kabellänge SATA-/Molex-Stecker	50-80 cm/45-75 cm	30-75 cm/30-63 cm	55-100 cm/85-100 cm	55-86 cm/55-85 cm
Anschlüsse Floppy/PATA/SATA (Adapter)	(2)/12/12	(1)/5/10	1/4/11 Stück	(1)/4/10 Stück
12-V-Anschluss/ATX-Stecker (Länge)	2 × 4+4-Pin (65, 80 cm)/ 20+4-Pin (61 cm)	1 × 4+4-Pin, 1 × 8-Pin (65 cm)	1 × 4+4-Pin (70 cm), 20+4-Pin (59 cm)	2 × 4+4-Pin (70 cm), 24-Pin (60 cm)
PCI-E-Anschlüsse (Länge)	4 × 2 6+2-Pin (60, 74 cm)	4 × 6+2-Pin (59 cm)	4 × 6+2-Pin (59 cm)	2 × 2 6+2-Pin (70, 85 cm), 2 × 6+2-Pin (70 cm)
Modulares Kabelsystem	Ja, vollmodular	Ja, vollmodular	Ja, teilmodular	Ja, vollmodular
Lüfteranschlüsse	Nein	Nein	Nein	Nein
Kühlsystem (Größe Lüfter, Art des Lagers)	140 Millimeter/FDB-Lager	120 Millimeter/Kugellager	135 Millimeter/FDB-Lager	140 Millimeter/Kugellager
Handbuch/Garantie	Ja, Deutsch/7 Jahre	Ja, Deutsch/7 Jahre	Ja, Deutsch/5 Jahre	Ja, Deutsch/10 Jahre
Schutzmechanismen	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OCP, OPP, OTP	OVP, UVP, SCP, OPP, teilw. OCP
Zubehör/Sonstiges	Kaltgerätestecker, Tasche, Sticker, Kunststoff-Kabelbinder, Corsair Link	Kaltgerätestecker, Tasche, Sticker, Kunststoff-, Klettkabelbinder, Schrauben	Kaltgerätestecker, Klett-, Kunststoffkabelbinder, Schrauben	Kaltgerätestecker, Klettkabelbinder, Schrauben
Eigenschaften (20 %)	**1,38**	**1,38**	**1,78**	**1,45**
Kondensatoren primär	2 × Rubycon 470 µF, 400 V, 105°C	2 × Nippon-Chemicon 330 µF, 420 V, 105°C	Teapo 420 µF, 420 V, 105°C	2 × Nippon-Chemicon 390 µF, 400 V, 105°C
Kondensatoren sekundär	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer	Teapo, Nippon-Chemicon 105°C	Nippon-Chemicon 105°C, Polymer
Abmessungen L × B × H (Überlänge)	185 × 150 × 86 mm	160 × 150 × 86 mm	160 × 150 × 86 mm	180 × 150 × 86 mm
Belastbarkeit +3,3 V und +5 V	150 Watt	125 Watt	150 Watt	120 Watt
Belastbarkeit +12 V/Schienen	1.000 Watt	760 Watt	672 Watt	849,6 Watt
Aufteilung +12-V-Schienen	Sinnvoll	Nicht dokumentiert	Sinnvoll	Single Rail
Leistung (60 %)	**1,61**	**1,52**	**1,72**	**1,95**
Prüfung 80-Plus-Zertifizierung (115 Volt)	80 Plus Platinum bestanden	80 Plus Platinum bestanden	80 Plus Gold bestanden	80 Plus Gold bestanden
Effizienz 10/20/50/100 %*(230 Volt)	88/92/93/91	89/92/93/92 %	85/90/92/90 %	85/90/92/89 %
Effizienz 25/90/250/500/700 Watt	66/88/92/93/92	75/91/93/93/92	68/87/92/92/91 %	67/87/92/91/91%
Lautstärke 10/20/50/80/100 %*	0,1/0,1/0,1/0,6/1,1 Sone	0,1/0,1/0,1/0,6/1,5 Sone	0,2/0,2/0,2/0,8/1,2 Sone	0,1/0,1/0,6/1,1/1,6 Sone
Leistungsaufnahme Soft-off/ Effizienz 45 mA EuP	0,17 Watt/ 51 %	0,23 Watt/51 %	0,21 Watt / 51 %	0,6 Watt/ 37 %
Leistungsfaktorkorrektur (PFC) 10 bis 100 %*	87-99 %	82-98 %	87-99 %	88-99 %
Restwelligkeit in mV**	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 40/60/120/40/50	Kleiner 25/25/120/25/50
Spannungsregulation	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
FAZIT	⊕ Sehr gute Messwerte, leise ⊕ Vollständige Schutzschaltungen ⊕ Hochwertige Technik	⊕ Überzeugende Messwerte ⊕ Hohe Lebenserwartung ⊕ 7 Jahre Garantie	⊕ Vollständige Schutzschaltungen ⊕ Gute Messwerte ⊕ (Sehr) leise mit aktiver Kühlung	⊕ Überzeugende Messwerte ⊕ Hochwertige Technik ⊕ 10 Jahre Garantie
	Wertung: **1,45**	Wertung: **1,50**	Wertung: **1,67**	Wertung: **1,85**

* Auslastung ** +5V, +12V, -12V, +3,3V, +5Vsb

So ist ein Netzteil aufgebaut

Primärseite

1

Hinter dem Kaltgerätestecker eines Schaltnetzteils dienen mehrere Spulen und X- beziehungsweise Y-Kondensatoren als Eingangsfilter. Ausgefiltert werden einerseits Unsauberkeiten aus dem Stromnetz, andererseits wird verhindert, dass andere Geräte durch die Hochfrequenztechnik im Schaltnetzteil gestört werden. Der so bereinigte Wechselstrom wird anschließend in einer Kombination von Gleichrichter und aktiver Leistungsfaktorkorrektur (PFC) in eine Gleichspannung von typischerweise 300 bis 400 V umgewandelt, die anschließend vom großen Primärkondensator geglättet wird. Schalttransistoren zerhacken diesen Gleichstrom anschließend in einen gepulsten Strom für die Primärwicklung des Transformators, wo die Hochspannungs-Primärseite des Netzteils endet.

Sekundärseite

2

Die Sekundärwicklung des Transformators gibt für PCs typische, niedrige Spannungen aus, der Strom ist aber immer noch mit dem Takt der Primärseite gepulst. Kondensatoren und Spulen machen daraus eine saubere Gleichspannung, wie sie von PC-Hardware benötigt wird. Günstige Netzteile verwenden diese Methode nicht nur für 12 V, sondern erzeugen auch die weniger stark genutzten 3,3-V- und 5-V-Leitungen direkt über weitere Sekundärwicklungen im gleichen Transformator. Bei diesen gruppenregulierten Designs gibt aber der Aufbau des Transformators das Leistungsverhältnis von 3,3 V, 5 V und 12 V vor, geregelt wird die Leistung gemeinsam über den Eingangsstrom. Einseitige Belastungen bestimmter Leitungen können nicht kompensiert werden, sondern reduzieren Effizienz und vor allem auch die Spannungsstabilität. Moderne DC-DC-Layouts beschränken sich daher auf die Transformation von 12 V und erzeugen daraus mit Abwärtswandlern, wie sie von Grafikkarten und Mainboards bekannt sind, auch 3,3 V und 5 V.

Kühlung

3

Die Effizienz von Netzteilen ist endlich – ein Teil der aufgenommenen elektrischen Energie geht als Abwärme verloren. Bei High-End-Systemen sind auch mit hocheffizienten Netzteilen schnell einige Dutzend Watt Wärme abzuführen. Die kritischsten Bauteile sind die Schalttransistoren, die große Ströme auf kleinem Raum bewältigen müssen. Hier sind zwingend Kühlkörper erforderlich, während anderen Bauteilen meist ihre eigene Oberfläche zur Wärmeabgabe reicht. Insbesondere die Lebensdauer von Kondensatoren leidet aber unter hohen Temperaturen, weswegen Lüfter in den meisten Netzteilen nicht nur die Hauptwärmequellen kühlen, sondern auch einen Wärmestau im Umfeld zahlreicher anderer Komponenten verhindern sollen. Lüfterlose Netzteile benötigen hier wesentlich größere Kühlkörper und setzen zusätzlich auf überdimensionierte elektrische Bauteile, die eigentlich für eine vielfach stärkere Nennleistung reichen würden.

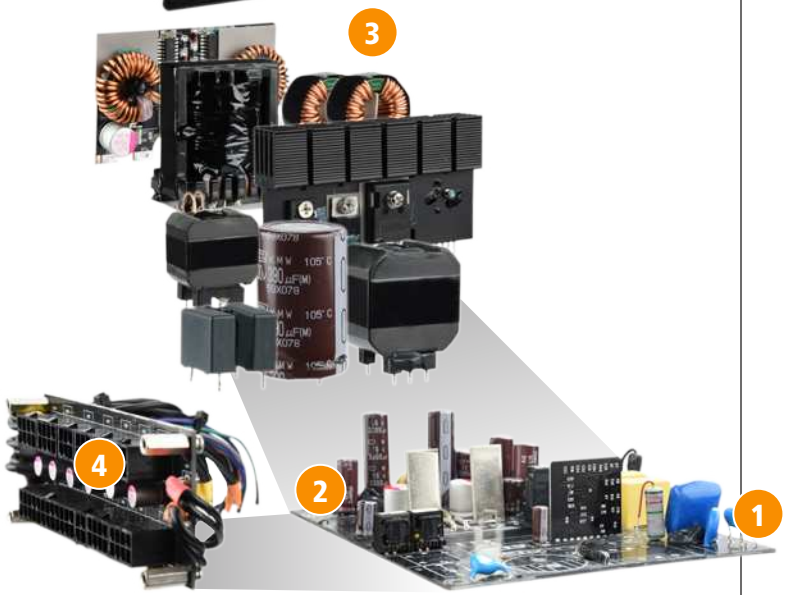


Bild: Enermax

Tochterplatine

4

Oberklassenetzteile verfügen meist über ein modulares Kabelsystem, bei dem sich einige oder alle Kabel abnehmen lassen. Die entsprechenden Stecker sitzen seitlich im Netzteil auf einer vom eigentlichen Schaltnetzteil getrennten Platine. Oft trägt diese auch weitere Kondensatoren zur Spannungsglättung. Einige Hersteller platzieren gar die gesamte Abwärtswandlung für 5 V und 3,3 V an dieser Stelle. Das vereinfacht die primäre Platine zu einem reinen 12-V-Netzteil, erschwert aber die Kühlung der Leistungstransistoren in den Abwärtswandlern.

CASEKING.de

HIER ist NICHTS Standard! ★ SEIT 2003 ★

Alpenföhn

OLYMP + MATTERHORN

Enorme Kühlperformance für starke Gaming-PCs

Sowohl der mächtige Olymp Doppelturm-Kühler als auch der massive Matterhorn Tower-Kühler von Alpenföhn bändigen jede noch so hitzige CPU und bleiben dank 6 Kupfer-Heatpipes und WingBoost-PWM-Lüftern dabei flüsterleise!

KING MOD SYSTEMS

KING MOD KALEIDOSKOP

I7-7700K, GTX 1080

Extreme Gaming-Performance mit oder ohne Overclocking

Für das atemberaubende King Mod Kaleidoskop Gaming-System wurde ein Phanteks Enthoo Evolv ATX Midi-Tower in Silber mit Seitenteilen aus Hartglas gewählt, der mit RGB-LED-Strips und Silent-Fans ausgestattet wird.

Voll konfigurierbar!

- Intel Core i7-7700K (Kaby Lake) auf Wunsch mit OC bis 5.2 GHz und NVIDIA GeForce GTX 1080
- Leise auf Temperatur gehalten mittels Alpenföhn Matterhorn Black Edition Rev. C CPU-Kühler

intel CORE™ i7 7th Gen

Intel® Inside.
Herausragende Leistung Outside.

- Perfektion bis ins kleinste Detail
- Belastungstests auf maximale Stabilität und Performance
- 36 Monate Garantie mit 2 Jahren Pick-Up-Service
- Höchste Kompatibilität aller Komponenten

Du willst es noch individueller?
systems@caseking.de
+49 (0)30 5268473-07

Der King Mod Service macht ALLES möglich – denn:
HIER ist NICHTS Standard!

Caseking GmbH, Gaußstr. 1, 10589 Berlin eMail: info@caseking.de tel. bestellen: 030 52 68 473 00 www.caseking.de

Alle Preisangaben inkl. 19% MwSt., exkl. Versandkosten. Irrtümer, Druckfehler und Preisänderungen vorbehalten.

Intel, das Intel Logo, Intel Inside, Intel Core, und Core Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

*Finanzierung gültig für alle Caseking PC-Systeme.
Barzahlungspreis entspricht dem Nettodarlehensbetrag. Finanzierungsbeispiel: Nettodarlehnsbetrag von 499,90€. Effektiver Zins von 9,9% bei einer Laufzeit von 24 Monaten entspricht einem gebundenen Sollzins von 9,5% p. a. Bonität vorrausgesetzt. Partner ist die Targobank. Die Angaben stellen zugleich das 2/3 Beispiel gem. § 6 a Abs. 3 PAngV dar. Technische Änderungen, Irrtümer und Druckfehler vorbehalten.

msi®

AMD

RYZEN

RISE BACK TO GLORY

DAS MSI **AM4 MOTHERBOARD** LINE-UP

PRO Series

ENTHUSIAST GAMING

PERFORMANCE GAMING

ARSENAL GAMING

RGB MYSTIC LIGHT · VR BOOST · M.2 SHIELD · LIGHTNING USB · AUDIO BOOST

HIER ERHÄLTLICH: Alternate · Amazon · Arlt · Bora Computer · Caseking · Computeruniverse · Cyberport · hwh · Mindfactory · Notebooksbilliger · im Fachhandel

© 2017 Micro-Star Int'l Co. Ltd. MSI ist ein eingetragenes Warenzeichen der Micro-Star Int'l Co.Ltd. Alle Rechte vorbehalten. AMD, das AMD Arrow Logo, Ryzen und Kombinationen davon sind Marken der Advanced Micro Devices, Inc. in den USA und / oder anderen Ländern. Andere Namen dienen nur zu Informationszwecken und können Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

TRUE GAMING